

Avdelningen för Brandteknik vid Lunds Tekniska Högskola, Lunds Universitet  
Rapport No. 9481

# Helsingborg Arena

En Brandteknisk Riskvärdering



**LUNDS UNIVERSITET**  
Lunds Tekniska Högskola

Jussi Dahlin  
Alexander Elias  
Martin Forssberg  
Oscar Karlsson  
Jesper Kjellström

Lund 2015



Brandteknisk Riskvärdering av  
**Helsingborg Arena**

Jussi Dahlin  
Alexander Elias  
Martin Forssberg  
Oscar Karlsson  
Jesper Kjellström

Lund 2015

*Följande rapport är framtagen i undervisningen. Det huvudsakliga syftet har varit träning i problemlösning och metodik. Rapportens slutsatser och beräkningsresultat har inte kvalitetsgranskats i den omfattning som krävs för kvalitetssäkring. Rapporten måste därför användas med stor försiktighet. Den som åberopar resultaten från rapporten i något sammanhang bär själv ansvaret.*

Avdelningen för Brandteknik  
Lunds Tekniska Högskola  
Box 118  
221 00 Lund  
Telefon: 046 – 222 73 60  
[www.brand.lth.se](http://www.brand.lth.se)  
[brand@brand.lth.se](mailto:brand@brand.lth.se)

Department of Fire Safety Engineering  
Lund University  
Box 118  
SE – 221 00 Lund  
Telephone: +46 46 – 222 73 60  
[www.brand.lth.se](http://www.brand.lth.se)  
[brand@brand.lth.se](mailto:brand@brand.lth.se)

**Titel**

Helsingborg Arena – En Brandteknisk Riskvärdering

**Title**

Helsingborg Arena – A Fire Safety Evaluation

**Rapportnummer**

9481 © Avdelningen för Brandteknik vid Lunds Tekniska Högskola

**Författare/Authors**

Jussi Dahlin  
Alexander Elias  
Martin Forssberg  
Oscar Karlsson  
Jesper Kjellström

**Nyckelord**

Idrottsarena, Brandteknisk Riskvärdering, Helsingborg Arena, Fire Dynamic Simulator, FDS, SIMULEX, CFD, utrymning, rökfyllnad, riskanalys.

**Keywords**

Sports arena, Fire-Safety Evaluation, Helsingborg Arena, Fire Dynamic Simulator, FDS, SIMULEX, CFD, Evacuation, Smoke Filling, Risk Analysis.

**Språk/Language**

Svenska/Swedish



## Abstract

In this report the fire-safety of Helsingborg Arena is analysed and evaluated. This has been done considering the safety of the people evacuating the building in case of a fire. The evaluation has been based on notes and experiences taken on a visit to the site, simulations of suggested scenarios and reasoning around possible risks and fire sources.

During the progress of the work 13 different scenarios was found. Three of them were chosen to be analysed more carefully. The results from this work shows that the only major risk to the lives of the evacuees is a fire in one of the wardrobes in the entrance hall in the western part of the arena.

The following measures are proposed to improve the fire safety in the arena:

- Always keep the wardrobes manned with fire safety-educated personal
- Install additional fireproof curtains in the entrance hall
- Install new smoke ventilation in the entrance hall

# Förord

Författarna vill tacka följande personer för deras bidrag och stöd under framtagandet av denna rapport. Er hjälp och vägledning har varit av mycket stor betydelse för oss under arbetet.

**Marcus Runefors** – Doktorand vid Avdelningen för Brandteknik vid Lunds Tekniska Högskola och brandkonsult för Bengt Dahlgrens Brand och Risk AB. För viktig handledning, råd, stöd och support under hela arbetsprocessen.

**Håkan Frantzich** – Lektor vid Avdelningen för Brandteknik vid Lunds Tekniska Högskola. För goda råd och värdefull handledning.

**Jonas Karlsson** – Brandingenjör, Räddningstjänsten Skåne nordväst. För värdefull hjälp, information och spännande infallsvinklar. Tack även för ett intressant och givande platsbesök.

**Charlie Fält** – Driftsansvarig Helsingborgs Arena. För ett gott samarbete och bra mottagande vid platsbesök.

**Jonathan Wahlqvist** – Doktorand vid Avdelningen för Brandteknik vid Lunds Tekniska Högskola.

# Sammanfattning

I denna rapport undersöks och utvärderas brandskyddet och möjligheten till utrymning vid nödsituation i Helsingborgs Arena. Undersökningen har baserats på noteringar från platsbesök, simuleringar av tänkta scenarion och kvalitativa resonemang. Utifrån dessa undersökningar har det framkommit att den största risken för människors liv vid brand i Helsingborgs Arena är vid brand i en av garderoberna i huvudentrén som ligger i arenans västra del.

Utredningen utgår från en mängd tänkbara brandscenarion vilka senare har minskats ner till tre troliga scenarion genom en grovriskanalys. Grovriskanalys har skett genom en sammanvägning mellan sannolikhet och konsekvens för scenarierna med hjälp av befintlig statistik och kvalitativa resonemang. De tre scenarierna som anses vara mest påfrestande för brandskyddet i byggnaden har undersökts närmare i rapporten. Dessa tre dimensionerande scenarion är:

- Brand i stor scen vid evenemang av konserttyp
- Brand i garderob i entré vid evenemang av konserttyp med parkett
- Brand i kiosk på plan 2 vid evenemang av mäss- eller utställningstyp

Efter utförda FDS och Simulex-simuleringar konstateras att enbart garderobsbranden utgör egentlig fara för de utrymmande från arenan. I detta scenario uppnås kritiska förhållanden enligt BBRAD 3 gällande siktförhållanden efter ungefär fem minuter och brandgaser sprider sig då även upp till plan 2. Vid denna tidpunkt befinner sig människor fortfarande i huvudsak i foajén på plan 2 och på arenagolvet. Besökande som initialt uppehåller sig i brandutrymmet, entrén anses hinna ut innan kritiska förhållanden inträffar i detta utrymme.

Med utgång i genomförda simuleringar och slutsatser dragna från resonemang och upplevelser från platsbesöket rekommenderas följande åtgärder för att minimera risken för de utrymmandes liv:

- Ständig bemanning av garderober med brandutbildad personal
- Installation av nya brandgasjalusier i huvudentrén
- Installation av nya brandgasfläktar i huvudentrén

## Akronymer

BBR	Boverkets Byggregler
BBRAD 3	Boverkets Byggregler Analytisk Dimensionering Upplaga 3
CAD	Computer-Aided Design
CFD	Computational Fluid Dynamics
FDS	Fire Dynamics Simulator
FSD	Fire Safety Design
IDA	Indikatorer, Data och Analys
MSB	Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap
NIST	National Institute of Standards and Technology
UPS	Uninterruptible Power Supply
VIP	Very Important Person

## Nomenklatur

$\alpha$	Tillväxthastighet [kW/s <sup>2</sup> ]
$b$	Dörrens bredd [m]
$c_p$	Specifik värmekapacitet [kJ/(kg·K)]
$D^*$	Karakteristisk diameter [m]
$\varepsilon$	Emissivitet [-]
$f$	Dimensionerande personflöde genom dörr [pers/(s·m)]
$\phi$	Synfaktor [-]
$D$	Avstånd från yta till punkt vid strålningsberäkning [m]
$g$	Gravitationskonstanten [m/s <sup>2</sup> ]
$l$	Avstånd till utgång [m]
$n$	Antal personer som ska passera en dörr [-]
$\dot{Q}$	Effektutveckling [kW]
$\dot{q}''$	Effektutveckling per kvadratmeter [kW/m <sup>2</sup> ]
$\rho_\infty$	Omgivande densitet [kg/m <sup>3</sup> ]
$\sigma$	Stefan Boltzmanns konstant [W/m <sup>2</sup> K <sup>4</sup> ]
$T$	Temperatur [K]
$T_\infty$	Omgivande Temperatur [K]
$t$	Tid [s]
$v$	Aktuell gånghastighet [m/s]

# Innehållsförteckning

1	Inledning .....	1
1.1	Syfte .....	1
1.2	Mål .....	1
1.3	Metod .....	1
1.4	Avgränsningar.....	2
1.5	Skyddsmål.....	2
2	Objektsbeskrivning .....	3
2.1	Brandteknisk dimensionering .....	3
2.2	Plan 1 .....	3
2.3	Plan 2 .....	4
2.4	Plan 3 .....	5
2.5	Personantal.....	6
3	Befintligt brandskydd.....	9
3.1	Organisation vid evenemang.....	9
3.2	Brandceller.....	9
3.3	Installationer .....	11
3.4	Ventilationssystem.....	13
3.5	Systematiskt Brandskyddsarbete.....	13
4	Datormodeller .....	15
4.1	CFD.....	15
4.2	Simulex .....	15
5	Utrymningsteori .....	17
5.1	Utrymningskrav .....	17
5.2	Utrymningstid .....	17
5.3	Tid till kritiska förhållanden .....	18
5.4	Modell för utrymning av Helsingborgs arena .....	18
6	Statistik .....	23
7	Brandscenarier .....	25
7.1	Grovanalys .....	25
7.2	Riskmatris .....	31
8	Scenario 1 - Brand stor scen .....	33
8.1	Känslighetsanalys .....	33
8.2	Effektutveckling Stor scen .....	34
8.3	FDS-simulering av scenbrand.....	34
8.4	Utrymningssimulering .....	36
8.5	Sammanvägning av simuleringsresultat.....	43
9	Scenario 2 - Garderobsbrand.....	45
9.1	Känslighetsanalys .....	45

9.2	Effektutveckling Garderobsbrand .....	45
9.3	FDS-simulering av Garderobsbrand .....	46
9.4	Resultat FDS-simulering .....	47
9.5	Utrymningssimulering .....	49
9.6	Sammanvägning av simuleringsresultat.....	55
10	Scenario 3 - Kioskbrand.....	57
10.1	Känslighetsanalys .....	57
10.2	Effektutveckling Kioskbrand .....	58
10.3	FDS-simulering av Kioskbrand .....	58
10.4	Utrymningssimulering .....	60
10.5	Sammanvägning av simuleringsresultat.....	63
11	Resultatsammanfattning.....	65
12	Utrymning av rullstolsburna .....	67
13	Åtgärdsförslag .....	69
14	Validering av åtgärd.....	73
15	Diskussion.....	77
15.1	Avgränsningar.....	77
15.2	Organisation vid evenemang.....	77
15.3	Handberäkningar.....	77
15.4	Datormodeller .....	77
15.5	Utrymningsteori .....	79
15.6	Kritiska förhållanden .....	79
15.7	Statistik felkällor .....	79
15.8	Scenarier .....	79
15.9	Brister i aktuellt brandskydd.....	81
16	Slutsats .....	83
17	Referenser .....	85
18	Bilagor.....	i
18.1	Bilaga 1 Effektkurvor.....	i
18.2	Bilaga 2 Strålningsberäkningar.....	vii
18.3	Bilaga 3 Statistik .....	ix
18.4	Bilaga 4 Handberäkningar utrymning.....	xi
18.5	Bilaga 5 Utrymningssimulering .....	xiii
18.6	Bilaga 6 Bilder arena.....	lxiii
18.7	Bilaga 7 FDS-kod .....	lxvii

# 1 Inledning

I detta avsnitt presenteras arbetets syfte och mål, vilken metod som användes, vilka avgränsningar som genomfördes samt vilket skyddsmål som satts upp under arbetet.

## 1.1 Syfte

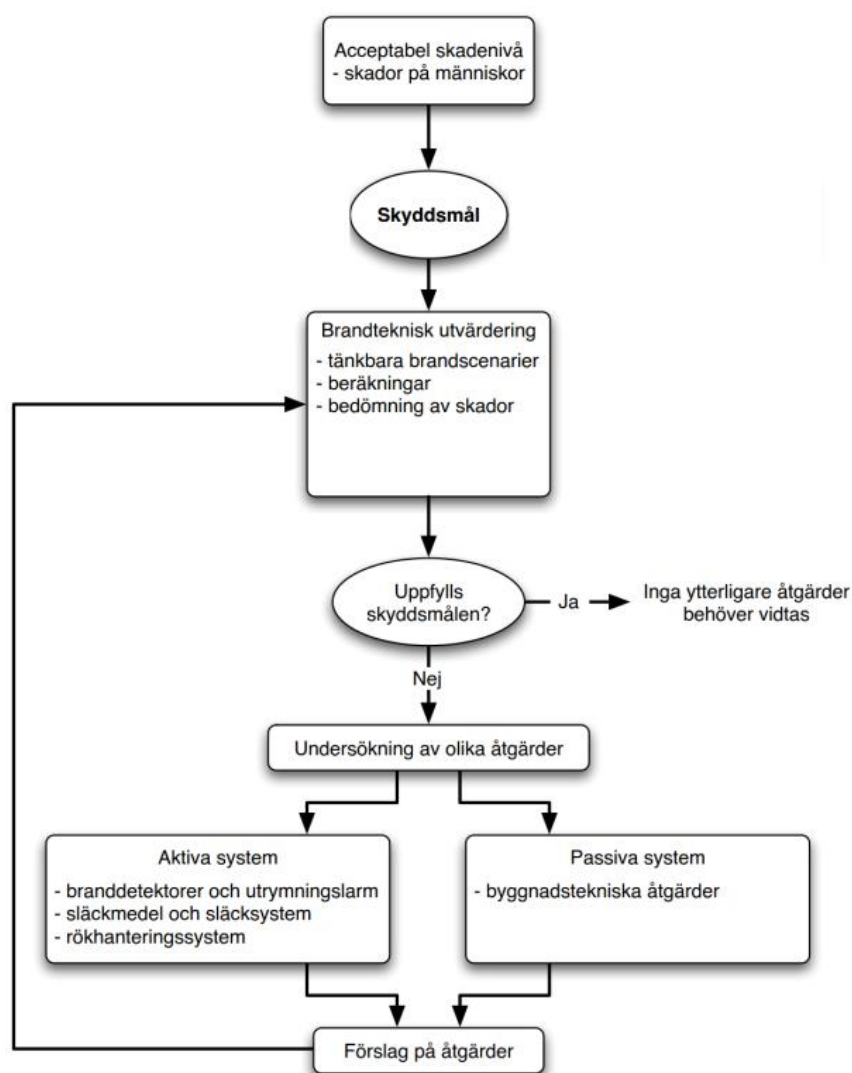
Syftet med denna rapport är att undersöka, analysera och utvärdera brandskyddet i skyddsobjektet Helsingborgs Arena. Genom att undersöka hur brandförlopp och utrymning förhåller sig till varandra samt genom kvalitativa resonemang dras slutsatser om brandsäkerheten är tillfredsställande.

## 1.2 Mål

Målet med arbetet är att genom analys av simuleringar och beräkningar kunna dra slutsatser om huruvida Helsingborg Arena är en brandsäker byggnad eller inte.

## 1.3 Metod

Arbetet under projektets gång har följt flödesschemat i Figur 1.1. Endast skador på människor har undersökts.



Figur 1.1 Flödesschema för arbetet i projektet.

Ett skyddsmål bestämdes tidigt och sedan togs ett flertal preliminära brandscenarier fram som skulle kunna tänkas hota skyddsmålet. Brandscenarierna togs fram genom att ritningar av byggnaden

studerades och genom diskussioner i gruppen och med handledaren för projektet. Detta följdes upp med ett platsbesök där lokalerna kunde studeras närmare.

Efter platsbesöket sorterades tre grundbrandscenarier ut som ansågs vara värre än de andra. Detta gjordes genom bedömningar av sannolikhet och konsekvenser för de olika scenarierna. De brandscenarier som valdes ut simulerades i datorprogrammet FDS och utrymning simulerades i programmet Simulex. Även handberäkningar och kvalitativa resonemang användes vid beräkningsarbetet.

Efter jämförelse och analys av simuleringar och beräkningar diskuterades möjliga förslag på åtgärder som skulle kunna minska risken för personskada vid händelse av brand.

Den litteratur som använts som underlag vid utformningen av rapporten har granskats noggrant och anses komma från relevanta och opartiska källor. Även de datorprogram som använts vid simuleringar av brandförlopp och utrymning anses ha validerats och kvalitetssäkrats i tillräcklig utsträckning. Detta innebär dock inte att utdata från simuleringar kan tolkas som en absolut spegling av verkligheten och ses enbart som vägledande exempel på utfall.

## **1.4 Avgränsningar**

Denna rapport undersöker endast hur människor i Helsingborgs Arena påverkas av en brand. Ingen hänsyn tas till miljöskador eller ekonomiska skador för verksamheten som bedrivs.

Rapporten behandlar endast den del av byggnaden där arenan och träningshall B är belägna. Den del av byggnaden som sammanbinder Helsingborgs Arena med Idrottens Hus bortses det alltså från.

## **1.5 Skyddsmål**

I denna rapport ligger fokus på utrymning av arenans olika lokaler. Skyddsmålet blir därför att personer som vistas i arenan ska kunna utrymma på ett säkert sätt.



## 2 Objektsbeskrivning

Helsingborg Arena är en arena i centrala Helsingborg som används för diverse evenemang. Arenan används till allt från idrottsevenemang och konserter till konferenser och mässor. Det finns tre hallar i arenan och ytterligare två hallar i idrottens hus som är sammanbyggt med arenan.

Arenahallen i arenan mäter ungefär  $65 \times 40$  meter och har en takhöjd på ungefär 21 meter. Den rymmer 4 700 besökare under idrottsevenemang och 5 500 besökare vid en konsert, B-hallen rymmer 300 åskådare och C-hallen har plats för 100 åskådare (Helsingborg Stad, 2015). Under pågående evenemang kan människor utöver åskådare i arenahallen även uppehålla sig i andra delar av arenan, till exempel restaurangen, pressrummet och kontorsdel för administrativ personal.

Anläggningen är byggd i fyra plan där åskådarna uppehåller sig på plan ett, två och tre. Plan fyra består av loftgångar i taket på arenan som används för diverse underhållsarbete samt riggning av ljud- och ljusanläggningar.

### 2.1 Brandteknisk dimensionering

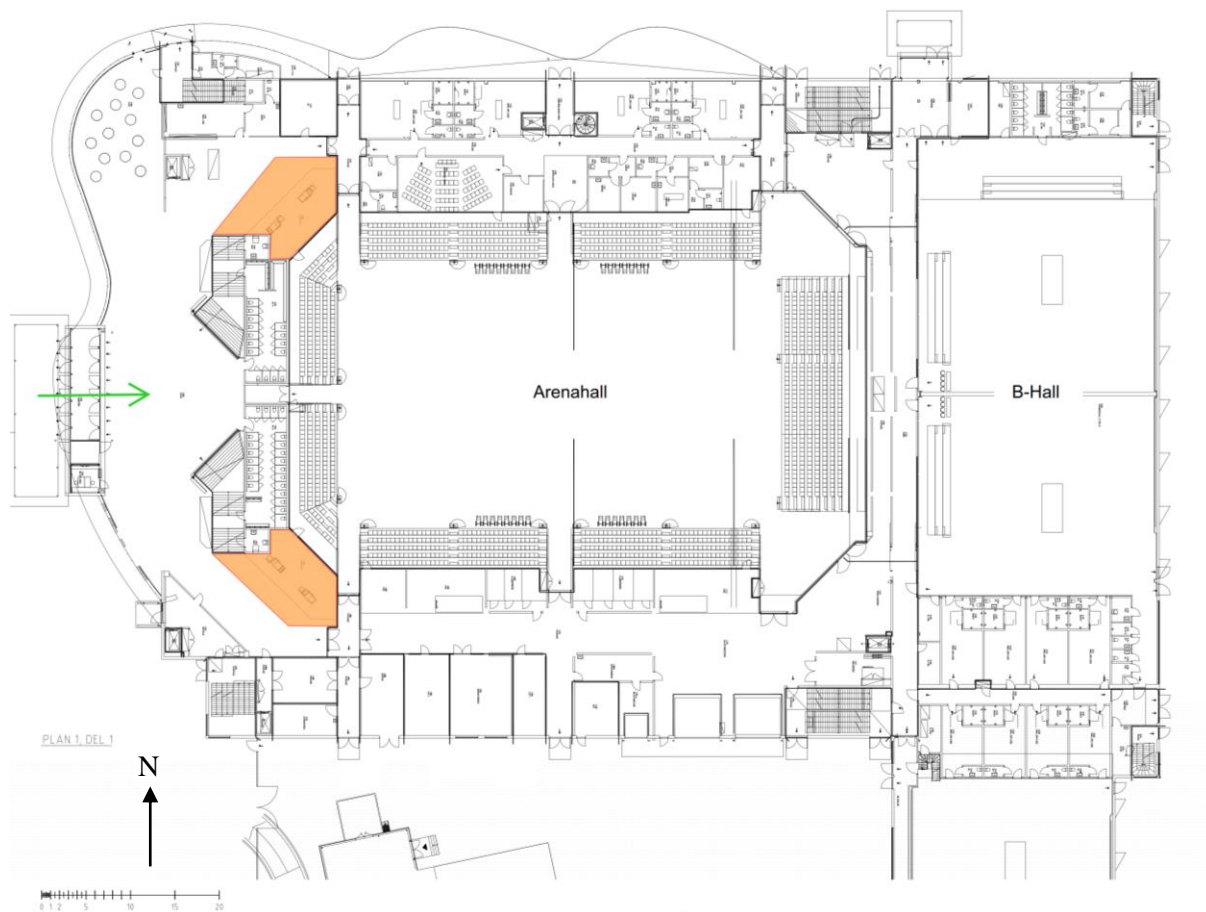
Arenan och träningshall B är dimensionerad efter en brandteknisk klass Br1. Anledningen till detta är att objektet är dimensionerat efter en äldre version av BBR. Om arenan hade blivit dimensionerad idag hade den fått en brandteknisk klass Br0 eftersom arenan är en samlingslokal som är avsedd för mer än 1 000 personer med verksamhetsklass 2B (Frantzich, et al., 2014).

### 2.2 Plan 1

I arenans första plan finns huvudentré med tillhörande foajé. I detta utrymme förväntas besökare uppehålla sig under evenemang. Här placeras också garderober vid de tillfällena då det behövs. Två av garderoberna placeras i utrymmet som är markerat med orange i Figur 2.1. Vanligtvis används tre garderober med ungefär 500 jackor i varje. Maximalt kan fyra garderober med 600-800 jackor användas.

I arenans södra långsida finns diverse förråd, varuintag, en truckstation med mera. Detta är ett utrymme som besökare inte kommer att befinna sig i under arenans evenemang. Den andra långsidan innefattar bland annat omklädningsrum och pressrum. Här förväntas det finnas människor vid framför allt idrottsevenemang.

På andra sidan av arenahallen från huvudentrén räknat ligger B-hallen. I anslutning till denna finns ett antal omklädningsrum, ett vaktmästeri och diverse förråd.



Figur 2.1. Ritning över arenans första plan. Grön pil markerar huvudingång och orangemarkerat område markerar området där garderobers placeras vid evenemang.

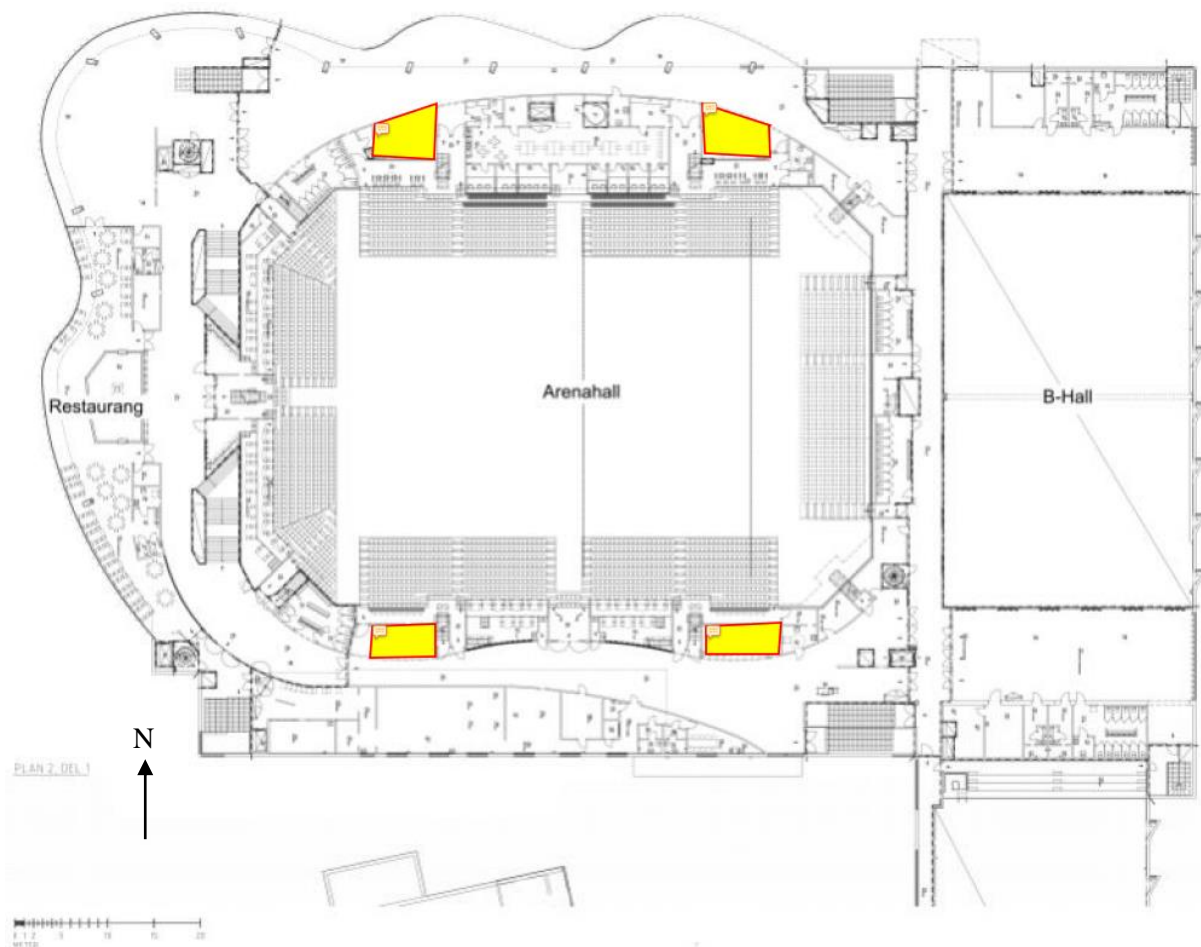
## 2.3 Plan 2

Plan 2 i arenan är det plan där flest besökare kommer att uppehålla sig under evenemang. Det är från detta plan besökarna kommer till sina sittplatser och det är även här de förväntas uppehålla sig under evenemangens pauser. En ritning över plan 2 presenteras i Figur 2.2.

I anslutning till läktaren finns på långsidorna foajéer där det också finns kiosker med enklare servering. Dessa är utmärkta i Figur 2.2. Det förväntas finnas mycket människor i detta utrymme under evenemangens pauser.

På plan 2 ligger också arenans restaurang. Restaurangen, som har plats för ungefär 170 personer, serverar lunch varje vardag och har oftast öppet vid arenans evenemang (Helsingborg Stad, 2015). I restaurangen kan måttliga mängder alkohol serveras.

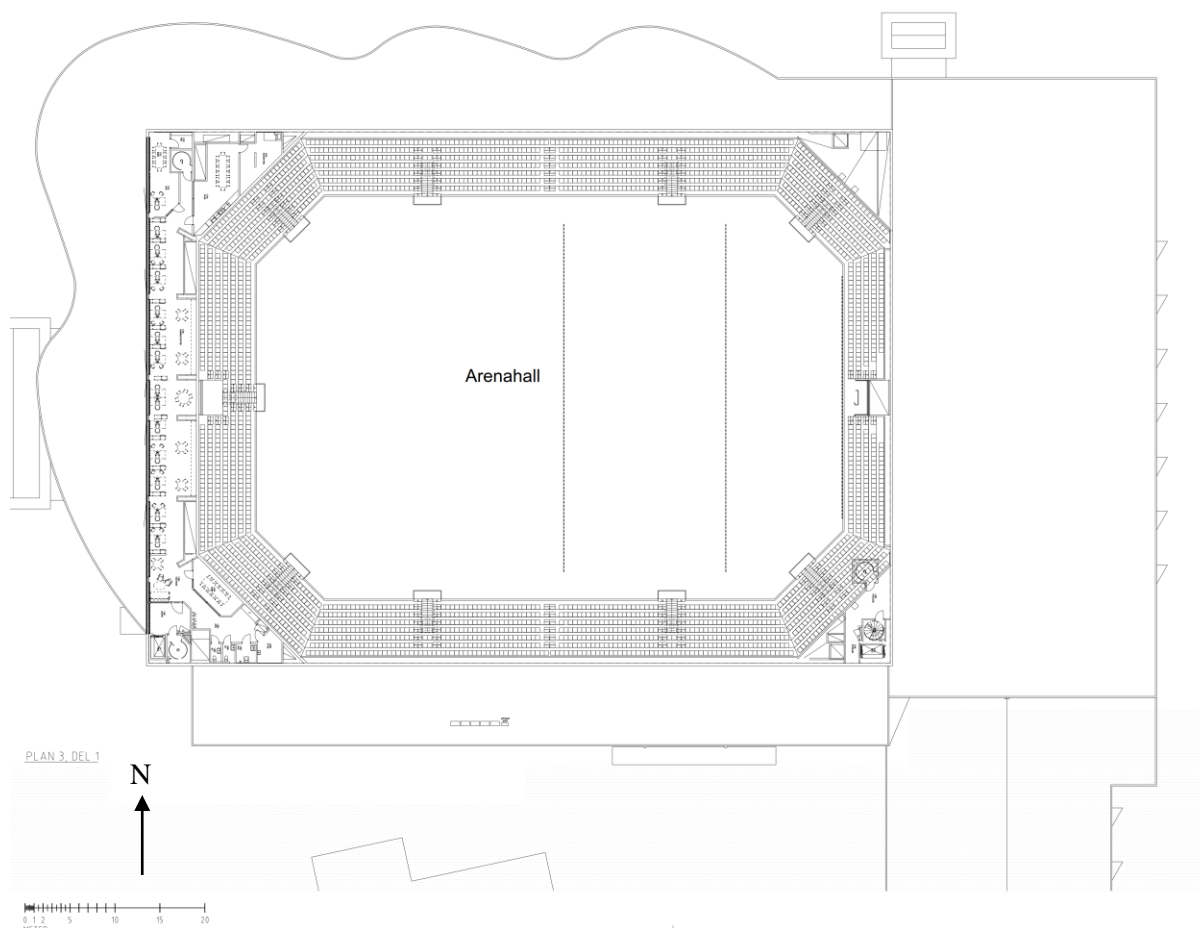
I anslutning till B-hallen finns två konferensrum som hyrs ut till konferenser men som också kan används till andra evenemang som till exempel mässor.



Figur 2.2. Ritning över arenans andra plan. Kiosker är markerade med gult.

## 2.4 Plan 3

Detta plan innefattar läktarens övre etage för arenahallen. Här finns även kontor för den administrativa personalen. Ritning presenteras i Figur 2.3.



Figur 2.3. Ritning över arenans tredje plan.

## 2.5 Personantal

Nedan presenteras de personbelastningar och fördelningar som legat till grund för utvärderingen av brandskyddet i Helsingborgs Arena. Personfördelningen beror av vilken typ av evenemang som pågår i arenan och kommer alltså att variera i rapportens olika brandscenarier enligt Tabell 2.1, Tabell 2.2 och Tabell 2.3. Dessa siffror bygger på uppgifter om arenans kapacitet efter diskussion med driftsansvarig på arenan och angivelser enligt A-ritningar.

Tabell 2.1. Personfördelning, konsertevenemang.

Plats	Antal
<b>Arenagolv</b>	2000
<b>Läktare plan 1-2 samt direkt anslutande ytor i foajé plan 2</b>	1840
<b>Läktare plan 3</b>	1500
<b>Kontor plan 3</b>	30
<b>Omklädnings/ Loge norra delen</b>	150
<b>Pressrum</b>	30
<b>Restaurang/ bar plan 2</b>	170
<b>Totalt</b>	<b>5720</b>

Tabell 2.2. Personfördelning, idrottsevenemang.

Plats	Antal
<b>Arenagolv</b>	40
<b>Läktare plan 1-2 samt direkt anslutande ytor i foajé plan 2</b>	2216
<b>Läktare plan 3</b>	2520
<b>Kontor plan 3</b>	30
<b>Omslädnings/ Loge norra delen</b>	150
<b>Pressrum</b>	30
<b>Restaurang/ bar plan 2</b>	170
<b>Totalt</b>	<b>5156</b>

Tabell 2.3. Personfördelning, mäsä.

Plats	Antal
<b>Huvudfoajé</b>	1000
<b>Arenagolv</b>	1000
<b>Västra foajé</b>	980
<b>Östra foajé</b>	315
<b>Norra foajé</b>	900
<b>Södra foajé</b>	500
<b>Reservfoajé norr</b>	155
<b>Reservfoajé</b>	150
<b>Totalt</b>	<b>5000</b>

Vid pågående konsert- eller idrottsevenemang antas att reservfoajéerna inte används i någon större utsträckning.

Ett större antal personer kan komma att vistas i foajéytorna än det som angivits i Tabell 2.3 ovan, dock antas detta vara mycket osannolikt.



## 3 Befintligt brandskydd

Arenan är sedan tidigare utrustad med diverse brandskyddsanordningar som presenteras i detta avsnitt. Informationen är hämtad från gällande relationshandling av branddokumentation för objektet (Wågsäter, 2012) samt från samtal med Charlie Fält, driftsansvarig på Helsingborg Arena.

### 3.1 Organisation vid evenemang

Arenans organisation skiljer sig åt beroende på vilket evenemang som arrangeras. Framför allt två typer av evenemang kommer att beskrivas, dessa är större evenemang samt mindre idrottsevenemang. Organisationen presenteras nedan samt i Helsingborg Arenas dokument för systematiskt brandskyddsarbete (Fält, 2015).

#### 3.1.1 Större evenemang

Större evenemang som genomförs i arenan kan till exempel vara konserter eller mässor. Vid dessa evenemang står arenans personal själva för säkerheten. Denna personal har bra erfarenhet och kunskap om arenan. Organisationen vid dessa evenemang består av följande:

- En säkerhetsansvarig som har det övergripande ansvaret för organisationen och sköter kommunikationen.
- Fyra vaktmästare med sökare för larmlagring finns tillgängliga. Minst en av dessa vaktmästare finns alltid på plats men det kan även finnas fler beroende av evenemangets storlek. Vaktmästarna har checklistor att följa vid händelse av brand. De har bland annat ett ansvar för utrymning av rullstolsburna.
- 12-25 utrymningsvärdar beroende av evenemangets storlek. Dessa utrymningsvärdar ska informera en viss sektion av läktaren om att utrymning ska genomföras samt vilken väg som är lämplig att använda. De ska även rapportera till ansvarig vaktmästare om alla från respektive sektion har kunnat utrymma eller om någon inte kan eller vill utrymma. Vid händelse av att någon inte vill utrymma ska inte utrymningsvärdarna bråka med denne utan prioritera sin egen säkerhet genom att utrymma själv.
- Ordningsvakter, vid evenemang med fler än 500 besökare finns endast ett par stycken och vid evenemang som är större än 4 000 besökare finns det sex till åtta ordningsvakter på plats.
- Kiosk- och restaurangpersonal som ansvarar för att stänga ned respektive verksamhet då utrymningslarm ljuder samt kan hjälpa till med guidning till utrymningsvägar.

#### 3.1.2 Mindre idrottsevenemang

Vad gäller evenemang med de idrottsföreningar som återkommande har matcher i arenan vill dessa föreningar oftast själva ha hand om säkerheten för att få ned kostnaden. Dessa evenemang är oftast inte lika stora som de större konserterna och mässorna utan det kan röra sig om ett par hundra åskådare. Under dessa evenemang har organisationen följande utseende:

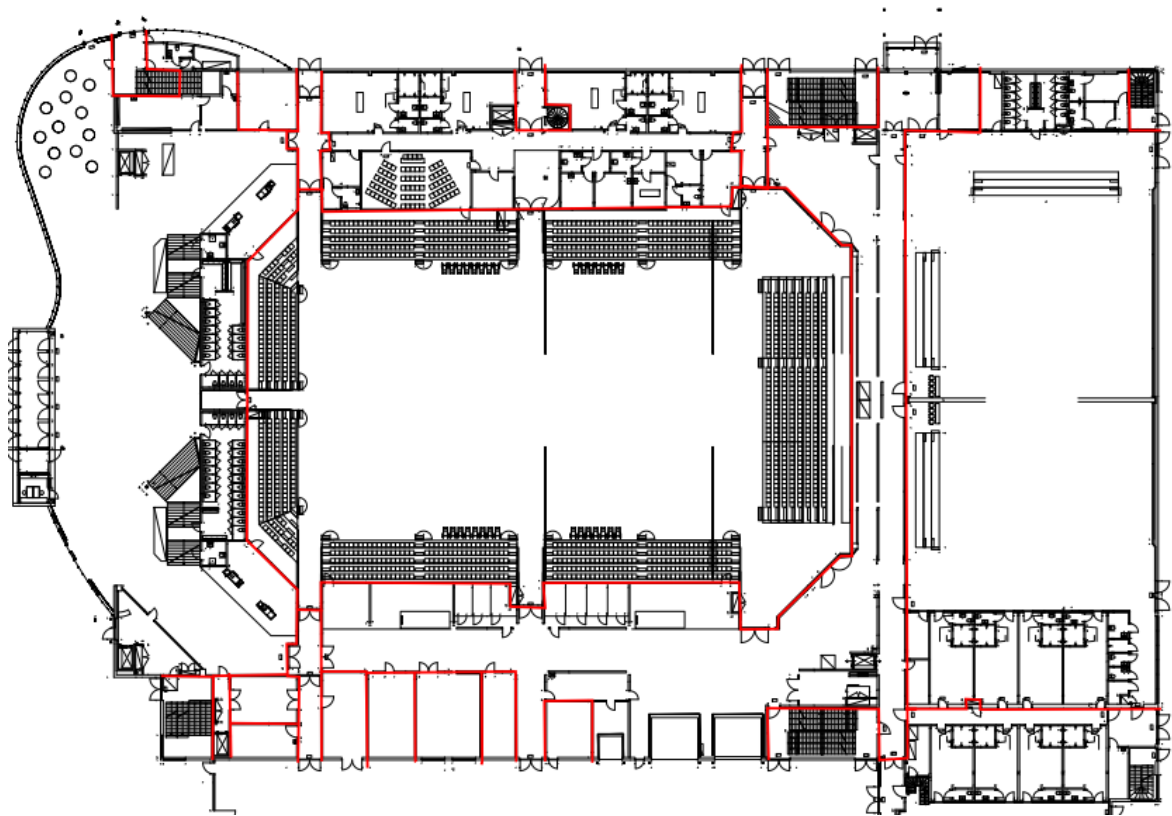
- Vaktmästare med sökare för larmlagring som har samma uppgifter som vid stora evenemang.
- Utrymningsvärdar

Utrymningsvärdarna har ansvar för utrymningen av en viss sektion av arenans läktare.

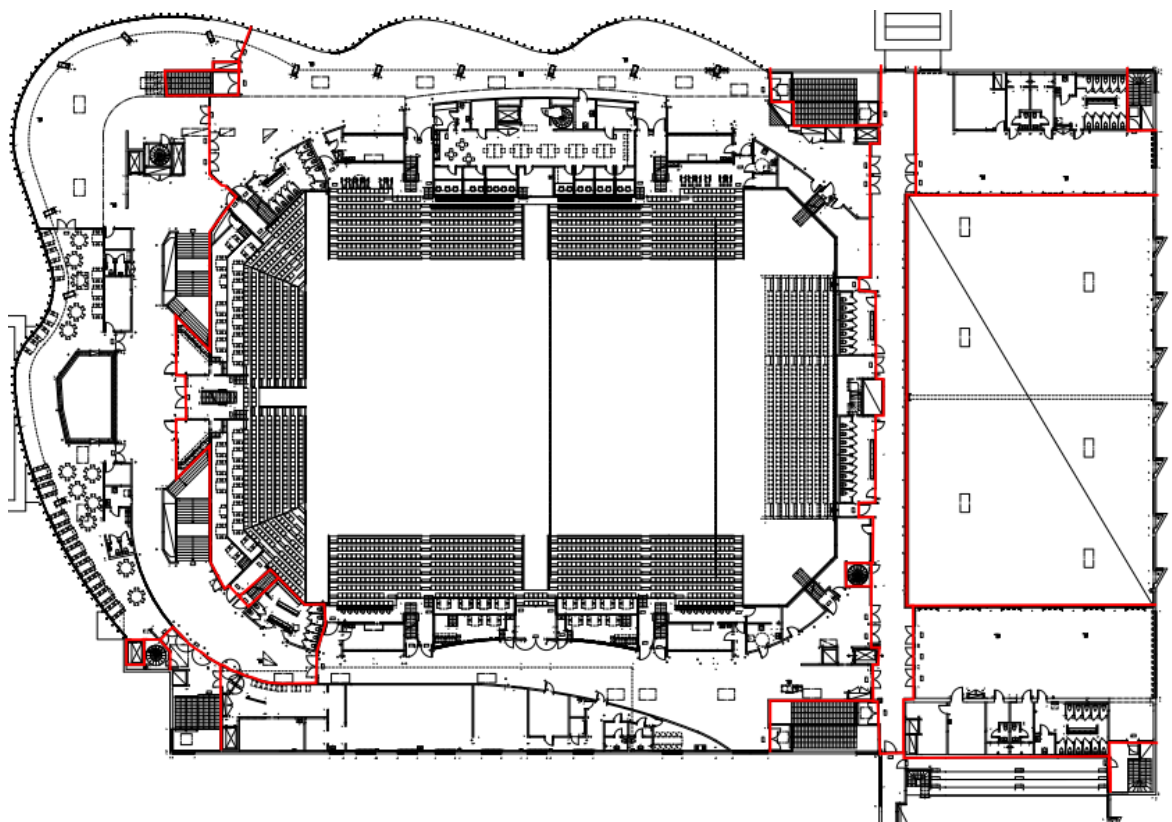
Utrymningsvärdarna har som uppgift att informera åskådarna om att de ska utrymma samt vilken väg de ska ta. I övrigt fungerar utrymningsvärdarna vid mindre evenemang på samma sätt som vid större. Varje utrymningsvärd får ett knippe med diverse informationskort att ha runt halsen. I detta knippe står all nödvändig information som utrymningsvärderna kan tänkas behöva.

## 3.2 Brandceller

Arenan är indelad i ett större antal brandceller. I den del av arenan som detta projekt hanterar finns nio stycken större brandceller där människor förväntas uppehålla sig och flertalet mindre brandceller som begränsar ventilation, trapphus, soprum, undercentral med mera. Överskådlig ritning över arenans brandceller presenteras i Figur 3.1, Figur 3.2 och Figur 3.3.

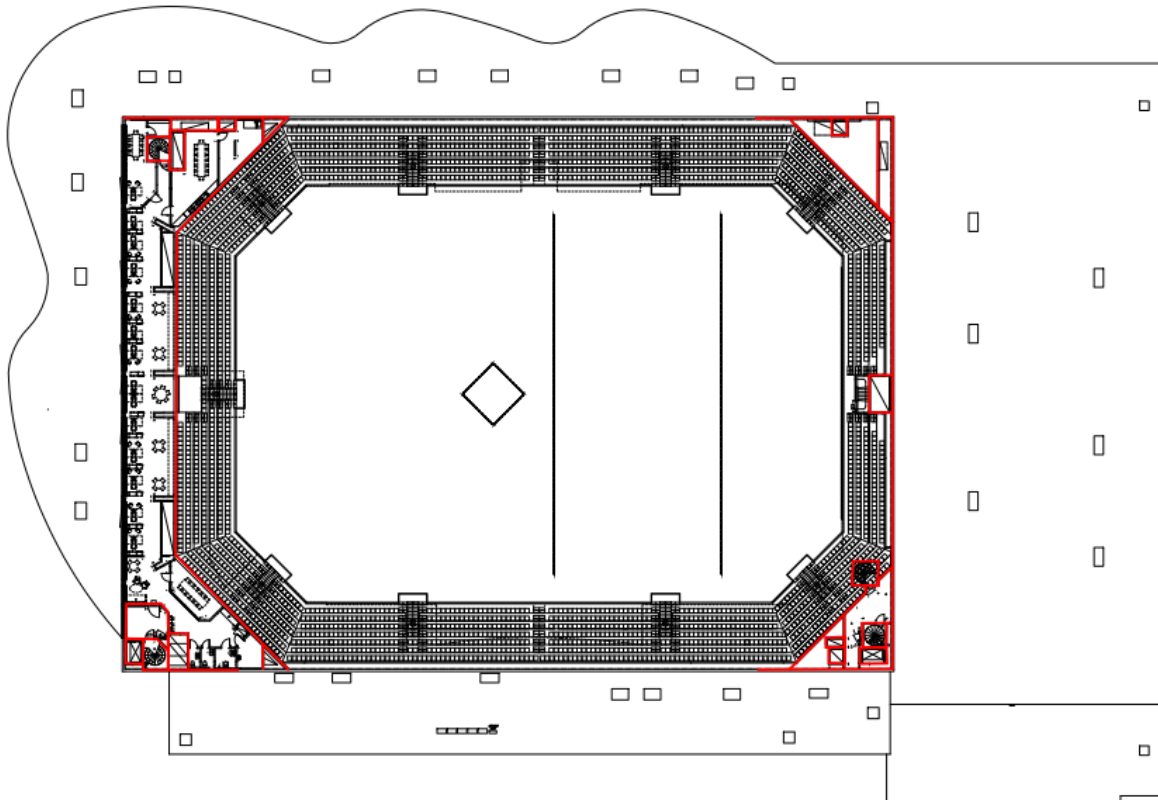


Figur 3.1. Brandceller på plan 1.



Figur 3.2. Brandceller på plan 2.





Figur 3.3. Brandceller på plan 3.

### 3.3 Installationer

I detta avsnitt presenteras de brandtekniska installationer som finns i byggnaden. Krav på dessa är tagna från relationshandling för brandskydd (Wågsäter, 2012).

#### 3.3.1 Detektionssystem

Flera olika typer av detektionssystem används i arenan. Detektionssystemet följer, med vissa undantag, SBF 110:6 Regler för brandlarmanläggning. Dessa undantag är följande:

- Ingen detektion i avskilda schakt där kontroll inte kan genomföras
- Ingen detektion i avskilda utrymmen med en takhöjd över 1,5 meter under förutsättning att den sammanhängande golvarean inte överstiger 85 kvadratmeter

I arenahallen består detektionssystemet av ett samplande system. Detta system är placerat ovanför och så långt ifrån tilluftsdonen som möjligt för att inte påverkas av tilluftssystemet. Tilluftsdonen är placerade under läktarstolarna.

Optiska rökdetektorer finns utplacerade i hela byggnaden. Dessa kompletteras med värmedetektorer och larmtryckknappar. Larmtryckknapparna finns placerade vid entréer och i utrymningsvägar.

Larmlagring tillämpas med en kvitteringstid på 30 sekunder och en uppsökningstid på två minuter vid detektion av endast en rökdetektor. Om fler rökdetektorer alternativt om någon annan typ av detektor skulle aktivera tillämpas inte larmlagring.

I arenan finns möjlighet att stänga av enskilda detektorer under en viss tid. Detta kan användas till exempel vid användning av pyroteknik eller teaterök. Systemet ska då förses med en tidsinställning för återgång till normal drift. Detta ställer ökade krav på arenans organisation i och med att brandsäkerheten då måste säkerställas genom manuell övervakning.

Lokalen är utrustad med ett automatiskt brandlarm. Vid detektion från två rökdetektorer, en värmedetektor, larmtryckknapp eller efter kontrolltid för larmlagring utförs följande funktioner:

- Allmänbelysning skall tändas
- Nödbelysning skall tändas
- Musikanläggning skall stoppas automatiskt
- Brandgasventilation skall aktiveras
- Magnetuppställda dörrar stängs
- Ventilationsaggregat stoppas
- Utrymningslarmet startas
- Textmeddelande om att utrymning skall påbörjas visas på bildskärmar
- Räddningstjänsten larmas
- Tilluft för brandgasventilation skall aktiveras
- Grind för fordonstrafik till lastgård skall öppnas
- Hissar styrs enligt avsnitt nio i relationshandlingen
- Brandgasjalusi på plan 1 i foajén aktiveras

### **3.3.2 Vägledande markering**

Utrymningsvägar är försedda med genomlysta vägledande markeringar där riktningsändringar tydligt ska framgå. De genomlysta skyltarnas ljusstyrka anpassas efter ljusbehovet. I utrymmen med mycket dagsljusinsläpp bör ljusstyrkan vara minst 80 Candela per kvadratmeter. Den lägsta nivån för ljusstyrkan som godkänns i utrymmen med dämpad belysning är två candela per kvadratmeter under den tid belysningen är dämpad.

Trappor från nedre läktare är försedd med grind med efterlysande vägledande markering som markerar att utrymning kan utföras via plan 1.

Vid strömavbrott ska den vägledande belysningen fungera utan problem i 60 minuter med hjälp av UPS-enhet (Uninterruptible Power Supply). Denna UPS-enhet skall inte finnas i samma brandcell som de vägledande markeringar som den försörjer.

Under platsbesöket påträffades vissa brister i de vägledande markeringarna då vissa skyltar saknades.

### **3.3.3 Nödbelysning**

Nödbelysning finns, med vissa undantag, installerat i arenans alla lokaler samt direkt utanför utgångar till det fria. De utrymmen där nödbelysning inte finns installerat är personalutrymmen, omklädningsrum och toaletter, alltså utrymmen där det förväntas uppehålla sig endast ett mindre antal personer.

Nödbelysningen tänds vid aktivering av brandlarm och skall fungera i 60 minuter. Ljusstyrkan är minst en lux i utrymningsvägar och fem lux i trappor. Nödbelysningen ska fungera även vid strömavbrott med hjälp av en UPS-enhet.

### **3.3.4 Utrymningslarm**

Utrymningslarm finns i samtliga lokaler. Arenans utrymningslarm består av ett talat meddelande och ett textmeddelande på bildskärmar. Då brandlarmet har detekterat en eventuell brand eller om en larmtryckknapp har använts aktiveras utrymningslarmet. Utrymningslarmet aktiveras för berörd del av anläggningen.

I utrymmen där ljudnivån är över 85 dB finns det blixtljus. På toaletter för rullstolsburna samt i de omklädningsrum som är anpassade för rullstolsburna är blixtljus installerade.

Det finns också möjlighet att använda mikrofon som är kopplat till utrymningslarmet.

För att säkerställa utrymningslarmets funktion vid eventuellt strömavbrott finns det reservkraft så att utrymningslarmet skall kunna fungera i 30 minuter.

### 3.3.5 Släckredskap

I arenan finns släckredskap i form av inomhusbrandposter samt handbrandsläckare utplacerade. Dessa finns tillgängliga så att det maximala gångavståndet är 25 meter.

### 3.3.6 Punktskydd

I de utrymmen där livsmedel tillagas finns det ett fast släcksystem över fritöser och stekbord. Släcksystemet är av typen Ansulex. Aktivering sker automatiskt eller manuellt.

### 3.3.7 Brandgasjalusi

Brandgasjalusi finns installerat vid trapporna som förbinder entréplanet med plan 2. Brandgasjalusi skall fördröja spridning av brandgaser till plan 2 om en brand skulle inträffa i entrén på plan 1. Aktivering av brandgasjalusi sker på signal från brandlarmet. Vid aktivering sänker sig jalousiet från underkant på bjälklaget för plan 2 till en höjd på 2,1 meter över golvet på plan 1. Brandteknisk riskklass är E 30.

## 3.4 Ventilationssystem

I arenan finns ett ventilationssystem av typen till- och frånluftssystem. Vid en eventuell brand skall brandgasspridning förhindras helt till utrymningsvägar och försvåras mellan övriga brandceller. Mellan varje brandcell finns det brand/brandgasspjäll utförda i EI60 och med en täthetstyp 2. Vid brand stängs spjäll och fläktar stoppas.

Brandgasventilation i form av brandgasluckor är monterat på flera platser i arenan. Dessa luckor är utförda enligt SS-EN 12101-2 och presenteras i Tabell 3.1.

Tabell 3.1. Beskrivning av befintlig brandgasventilation.

Plats	Storlek brandgasluckor [m <sup>2</sup> ]	Storlek tilluft [m <sup>2</sup> ]
Entré plan 1	6	5
Norra foajé plan 2	12	4
Södra foajé plan 2	12	4,5
Västra foajé plan 2	8	4
Restaurang plan 2	2	4
Arenahall	24	- (Gradängdon)
Trapphus	1	-

Luckorna öppnas med hjälp av motorstyrning då brandlarmet aktiveras. Luckorna skall kunna öppnas manuellt via styrenhet för brandlarm. Smältbleck eller motsvarande skall finnas på luckorna om aktivering via detektorer fallerar.

Tilluften aktiveras på samma sätt som brandgasluckorna. Manuell start är möjlig. I arenan där tilluften sker via gradängdon måste tilluftsfläktens strömförsörjning säkerställas i minst 60 minuter.

Tilluften i huvudentrén sker via entrédörrarna. Två dörrar i vindfång samt i fasaden ger en öppning på 5 m<sup>2</sup> och dessa dörrar ställs upp manuellt.

## 3.5 Systematiskt Brandskyddsarbete

Följande information är hämtad från arenans systematiska brandskyddsdokumentering (Fält, 2015).

Vid en eventuell brand finns det bestämda rutiner som skall följas. När utrymningslarmet är aktiverat ska flödesschemat rädda, larma, släck efterföljas. Släckning skall endast göras om det inte utgör risk för människor. Brandkåren skall mötas upp vid VIP-entrén på plan 1. Uppsamlingsplats för utrymda besökare är belägen framför huvudentrén.

Övriga rutiner innefattar heta arbeten, avstängning av brandlarm, rökning samt levande ljus. Heta arbeten får endast utföras av personal med giltigt certifikat för heta arbeten. En brandvakt skall också finnas på plats. Rutiner för avstängning av brandlarm är beskrivet i avsnitt 3.3.1. Rökning är förbjuden inom arenan. Levande ljus får endast användas om de övervakas konstant och om de används får de inte placeras i närheten av material som kan antändas.

Underhåll av larmanläggning står fastighetsägaren för. Utrymningsskyltars funktion och placering kontrolleras då internkontroll genomförs på arenan. Skicket på brandsläckare kontrolleras årligen.

Alla brandlarmstillbud dokumenteras och sparas. Om en genomföring görs från en brandcell till en annan så skall brandtätningen kontrolleras då arbetet är klart.

Arenans brandskyddsorganisation är beskriven i avsnitt 3.1.

## 4 Datormodeller

Under arbetet användes olika datorprogram för att simulera brand och utrymning. I detta avsnitt presenteras vilka datorprogram som använts samt kort om hur de fungerar.

### 4.1 CFD

CFD (Computational Fluid Dynamics) är en grupp beräkningsmodeller som används för att lösa ett antal icke-linjära partiella differentialekvationer som baseras på de fysikaliska grundlagarna, till exempel bevarande av massa, rörelsemängd, energi och kemiska ämnen. De ekvationer som beskriver en fluids flöde kallas för Navier-Stokes ekvationerna. Eftersom de ekvationsmodeller som behandlar turbulent flöde innehåller väldigt komplexa fenomen så används ett antal förenklade undermodeller som komplement. Dessa modeller behandlar bland annat turbulens, förbränning och strålning. De komplexa beräkningarna gör att CFD inte ger exakta lösningar, vilket gör det nödvändigt att komplettera dessa med ingenjörsmässiga värderingar för att bättre spegla verkligheten. (Carlsson, 2003)

#### 4.1.1 FDS

FDS (Fire Dynamics Simulator) är en gratis programvara utvecklad av NIST (National Institute of Standards and Technology), i samarbete med VTT Technical Research Centre of Finland. Programmet är en CFD-modell som löser Navier-Stokes ekvationer. Användningsområdet är främst inriktat på att lösa praktiska brandproblem och att öka förståelsen för grundläggande branddynamik och förbränning. FDS använder något som kallas för finita volymmetoden. Denna metod innebär att man delar upp sitt objekt i ett antal finita volymer, och sedan beräknas de grundläggande differentialekvationerna för varje volym och tidssteg. FDS approximerar de styrande ekvationerna på ett rätlinjigt gridnät. Detta medför att geometrier endast kan illustreras i form av rektangulära objekt, som då måste överensstämma med det underliggande gridnätet.

Gridnätets upplösning spelar stor roll för kvaliteten på resultatet. En simulering med för stora celler kan innebära att resultatet inte representerar verkligheten och blir oanvändbart. Hög upplösning innebär dock en mer tidskrävande simulering. Eftersom tiden oftast är en begränsande faktor behöver alltså en avvägning göras mellan simuleringens kvalitet och tillgänglig tid. För att avgöra vilken cellstorlek en simulering bör ha används en verifieringsmetod med en karaktäristisk branddiameter,  $D^*$ . Denna kan räknas ut med hjälp av ekvation 4.1 (McGrattan, et al., 2013). Kvoten av den karaktäristiska branddiametern och cellstorleken för den aktuella simuleringen bör ligga mellan 4 och 16. Ett högre värde på  $\frac{D^*}{\Delta x}$  innebär högre kvalitet på resultatet men också längre simuleringstid.

$$D^* = \left( \frac{\dot{Q}}{\rho_{\infty} \cdot c_p \cdot T_{\infty} \cdot \sqrt{g}} \right)^{\frac{2}{5}}$$

Ekvation 4.1

#### 4.1.2 Pyrosim

Pyrosim är ett program som är framtaget av Thunderhead Engineering och är ett grafiskt användargränssnitt för FDS. Programmet låter användaren på ett enkelt sätt rita upp geometrier och sätta upp mätutrustning för simulering av brandförlopp. Medan man i FDS måste definiera geometri och koordinater i form av indata i en textfil kan man i Pyrosim istället skissa upp det som i ett vanligt ritprogram och sedan exportera det till en FDS-fil. Det man dock måste vara försiktig med är att Pyrosim har ett antal förinställda parametrar, om man inte anpassar detta efter sitt scenario kan man få en felaktig simulering av branden. (Engineering, 2013).

### 4.2 Simulex

För att simulera utrymning från arenan i de olika scenarierna används datorprogrammet Simulex som är ett tvådimensionellt gridnätsbaserat utrymningsprogram utvecklat vid Universitetet i Edinburgh,

Skottland tillsammans med bland andra Institutionen för Brandteknik vid Lunds Tekniska Högskola. I detta program simuleras utrymning av ett objekt genom att lokalens geometri i form av CAD-ritningar importerar till programmet för att användaren sedan ska kunna definiera utgångar, trappor, persontäthet med mera. Algoritmerna som genererar rörelsemönstret hos individerna i Simulex är baserade på data från försök på mänskliga rörelsemönster vad avser gånghastighet, reaktionstid och gånghastighet vid trängsel. Programmet beräknar, i form av olika avståndskartor kortaste avstånd till fördefinierad utgång vilken de utrymmande därefter följer. Dessa avståndskartor utgår från ett gridnät med noggrannhet  $0,2 \times 0,2$  m över hela geometrin. Detta är ett mått som är förprogrammerat och går ej att variera. Med hjälp av funktionen som gör det möjligt att ge olika individer olika avståndskartor kan användaren till stor del styra hur utrymningen sker. Detta för att genom ingenjörsmässiga resonemang kunna gestalta en verklighetstrogen utrymning. Även personernas inbördes egenskaper går att variera, exempelvis kön, ålder, reaktionstid, personkategori, normal gånghastighet med mera. Under simuleringen skapas rörelsevektorer för varje enskild individ genom beräkning av de ovan nämnda algoritmerna för rörelsemönster. Dessa beräknas kontinuerligt under simuleringen med ett förprogrammerat tidssteg på 0,1 sekunder (Integrated Environmental Solutions (IES-facet), 2012). Resultaten från simuleringarna fås i form av textfiler där alla ingående parametrar beskrivs och data över utrymningsförloppet finns kontinuerligt registrerat.

## 5 Utrymningsteori

I rapporten har utrymning av Helsingborgs arena simulerats med datorprogrammet Simulex. Även handberäkningar har genomförts enligt Bilaga 4 för att en jämförelse ska kunna göras mellan de beräknade utrymningstiderna. Allmän teori om utrymning presenteras i avsnittet nedan.

### 5.1 Utrymningskrav

I boverkets byggregler ställs diverse krav på hur byggnader skall respektive bör dimensioneras för att brandskyddet ska anses tillfredsställande. Dessa krav förklaras djupare i Brandskyddshandboken (Frantzich, et al., 2014). I detta avsnitt presenteras vilka krav som ställs på Helsingborg Arena gällande utrymning enligt dessa regler.

Det ska finnas två av varandra oberoende utrymningsvägar från varje befolkat utrymme i arenan. Utrymning via annan brandcell bör inte godkännas om denna brandcell inte innefattar arenans huvudentré. Detta bör dock undvikas om det kan förväntas att det finns en större mängd personer utanför huvudentrén som väntar på att få komma in i samlingslokalen (Frantzich, et al., 2014). Utrymningsvägarna ska dimensioneras för det maximala antalet personer som får vistas i lokalen.

Gångavstånd till utrymningsväg bör enligt allmänt råd inte överstiga 30 meter för verksamhetsklass 2B. Då två olika utrymningsvägar sammanfaller måste den gemensamma delen räknas två gånger. Detta gäller dock endast för förenklad dimensionering. I Helsingborg Arena tillämpas analytisk dimensionering varför detta kan bortses från om utrymningen anses vara tillfredsställande.

Utrymningsvägar för fler än 150 personer bör ha en fri bredd på minst 1,20 meter enligt allmänt råd. Detta kan tänkas gälla i arenan då denna kan ta emot ungefär 5 500 besökare. Objektet bör ha minst fyra utrymningsvägar då arenan är avsedd för mer än 1 000 personer.

Dörrar som används i utrymningsväg ska öppnas i utrymningsvägens riktning samt vara lätta att identifiera som utgångar. Dörrarna ska vara lätta att öppna oavsett om de är låsta eller olåsta. Panikregel bör användas på dörrar som är avsedda för fler än 1 000 personer.

Vägledande markeringar ska finnas för att markera utrymning. Byggnaden ska även förses med nödbelysning.

### 5.2 Utrymningstid

Tiden för utrymning kan delas in i tre olika delar som presenteras i ekvationen nedan. För att utrymning ska ske på ett säkert sätt ska denna tid vara mindre än tiden till kritiska förhållanden.

$$t_{kritisk} > t_{utrymning} = t_{varseblivning} + t_{beslut+reaktion} + t_{förflyttning}$$

#### 5.2.1 Varseblivningstid

Varseblivningstiden är den tid som går innan personen upptäcker en brand. Denna tid påverkas bland annat av om personen i fråga ser branden eller inte. Varseblivningstiden påverkas också av om det finns ett utrymningslarm eller inte. Denna tid kan variera från ett par sekunder till flera minuter beroende av gällande förhållanden (Boverket, 2006).

#### 5.2.2 Besluts- och reaktionstid

Besluts- och reaktionstiden är den tid som det tar för personen att förstå att det brinner, lyssna på utrymningslarm, förbereda sig och bestämma sig för att börja utrymma. Denna tid kan bli kortare genom användning av ett bra utrymningslarm. I detta avseende är talade utrymningslarm bra då dessa hjälper till att fatta rätt beslut (Boverket, 2006).

#### 5.2.3 Förflyttningstid

Förflyttningstiden är den tid som går åt till att gå ut ur byggnaden. Denna tid beror av ett antal faktorer, till exempel personernas förmåga att flytta sig, persontäthet och hur väl personerna känner

till lokalen. Flödet genom dörrar spelar också en viktig roll då det vid en hög persontäthet lätt kan bildas lokala köer (Boverket, 2006).

### 5.3 Tid till kritiska förhållanden

I Tabell 5.1 redovisas godtagbara nivåer för kritisk påverkan vid brand för verifiering av utrymningssäkerhet enligt BBRAD 3. För att uppfylla godtagbar nivå bör kriterium 1 eller 2 samt kriterium 3–5 vara uppfyllda. Detta innebär att utrymning i vissa fall kan accepteras att ske genom brandgaserna. Sikten bör beräknas mot vägledande markeringar, väggar eller motsvarande.

Dessa värden är dock i många fall konservativa och reglerar utrymningsmöjligheterna strikt. En utrymmande person bör kunna utrymma genom ett utrymme som exempelvis har en temperatur högre än 80 °C eller med lägre sikt än 10,0 m. Dessa värden bör därför enbart användas som riktlinjer och ingenjörsmässiga resonemang kring möjligheten att genomföra en tillfredställande utrymning bör föras vid varje enskilt scenario.

Tabell 5.1. Nivåer för kritisk påverkan vid analys av utrymningssäkerhet. BBRAD 3

Kriterium	Nivå
<b>1. Brandgaslagrets nivå ovan golv</b>	lägst $1,6 + (\text{rumshöjden (m)} \cdot 0,1)$
<b>2. Siktbarhet, 2,0 ovan golv</b>	10,0 m i utrymmen $> 100 \text{ m}^2$  5,0 m i utrymmen $\leq 100 \text{ m}^2$ . Kriteriet kan även tillämpas för situationer där köbildning inträffar i ett tidigt skede vid den plats kön uppstår.
<b>3. Värmestrålning/Värmedos</b>	max $2,5 \text{ kW/m}^2$ eller en kortvarig strålning på max $10 \text{ kW/m}^2$ i kombination med max $60 \text{ kJ/m}^2$ utöver energin från en strålningsnivå på $1 \text{ kW/m}^2$
<b>4. Temperatur</b>	max $80 \text{ °C}$
<b>5. Toxicitet, 2,0 m ovan golv</b>	Kolmonoxidkoncentration (CO) $< 2\ 000 \text{ ppm}$ Koldioxidkoncentration (CO <sub>2</sub> ) $< 5 \%$ Syrigaskoncentration (O <sub>2</sub> ) $> 15 \%$

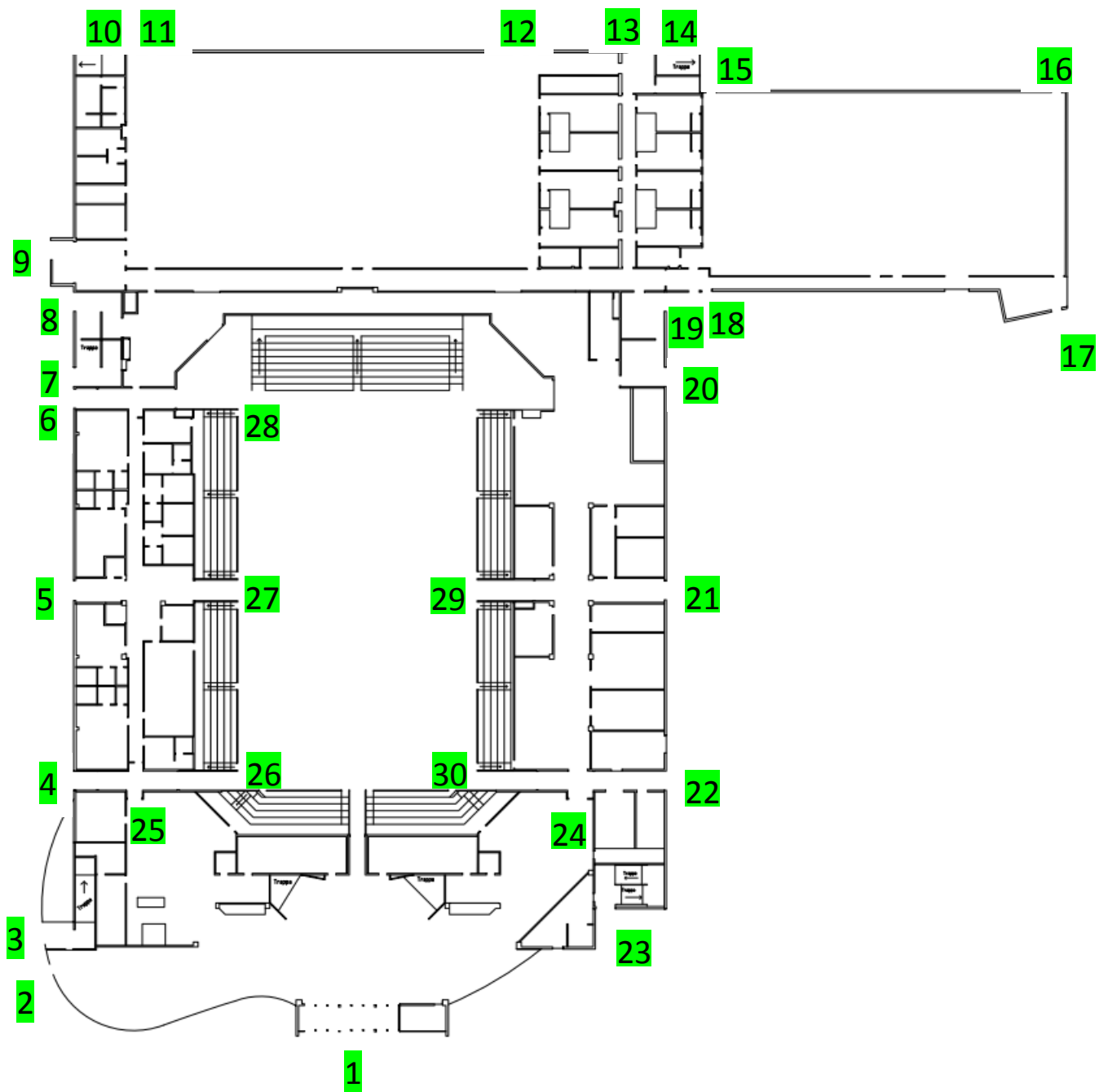
### 5.4 Modell för utrymning av Helsingborgs arena

Utrymningssimulering för Helsingborgs arena har utförts med programmet Simulex. Dessa simuleringar har utförts utifrån tänkta brandscenarier med avseende på personantal och personuppställning. Alla utrymningsvägar utom de som blockeras som följd av evenemanget eller brandscenariot i sig har under simuleringarna funnits tillgängliga. Därefter har känslighetsanalys utförts på vart och ett av grundscenarierna för att systematiskt bestämma scenariots känslighet/sårbarhet. Dessa känslighetsanalyser har genomförts genom att utifrån grunduppställningen prova hur simuleringen varierar beroende på tänkta enkelfel i utrymningen.

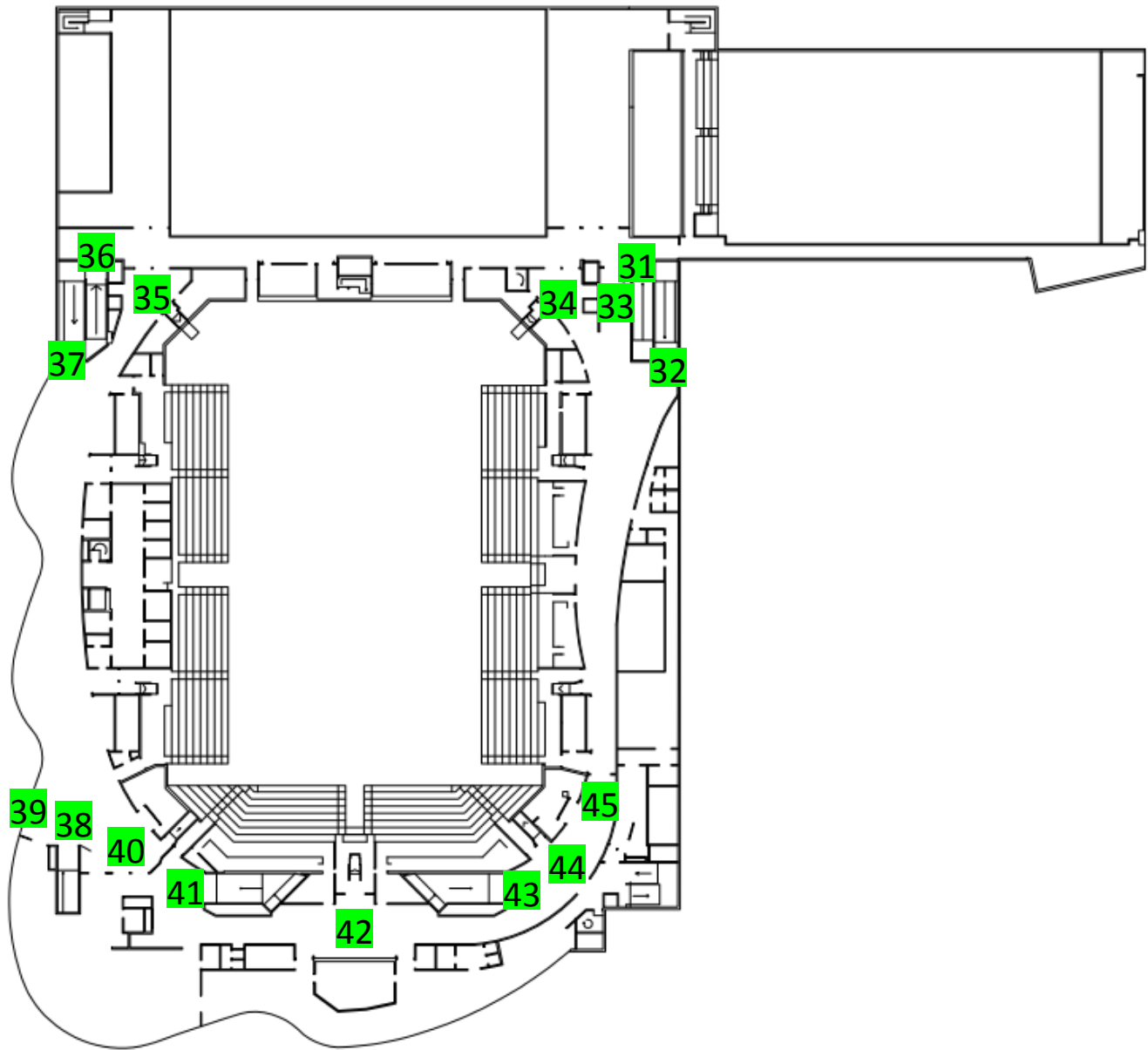
#### 5.4.1 Geometri och utrymningsvägar

Den geometriska modell som använts som underlag vid utrymningssimuleringar med Simulex är baserad på A-ritningar över anläggningen vilka förenklats för att endast återspegla arenans geometri i två dimensioner. I Figur 5.1, Figur 5.2 och Figur 5.3 nedan visas den grundläggande geometri som använts vid simuleringar, här också med nödutgångar/ passager mellan brandceller numrerade. Denna geometri har sedan anpassats något för att svara mot de simulerade scenarierna. Exempelvis har stolsrader ritats in vid simulering i scenario 2 då ett evenemang med sittande besökare på parkett antagits.

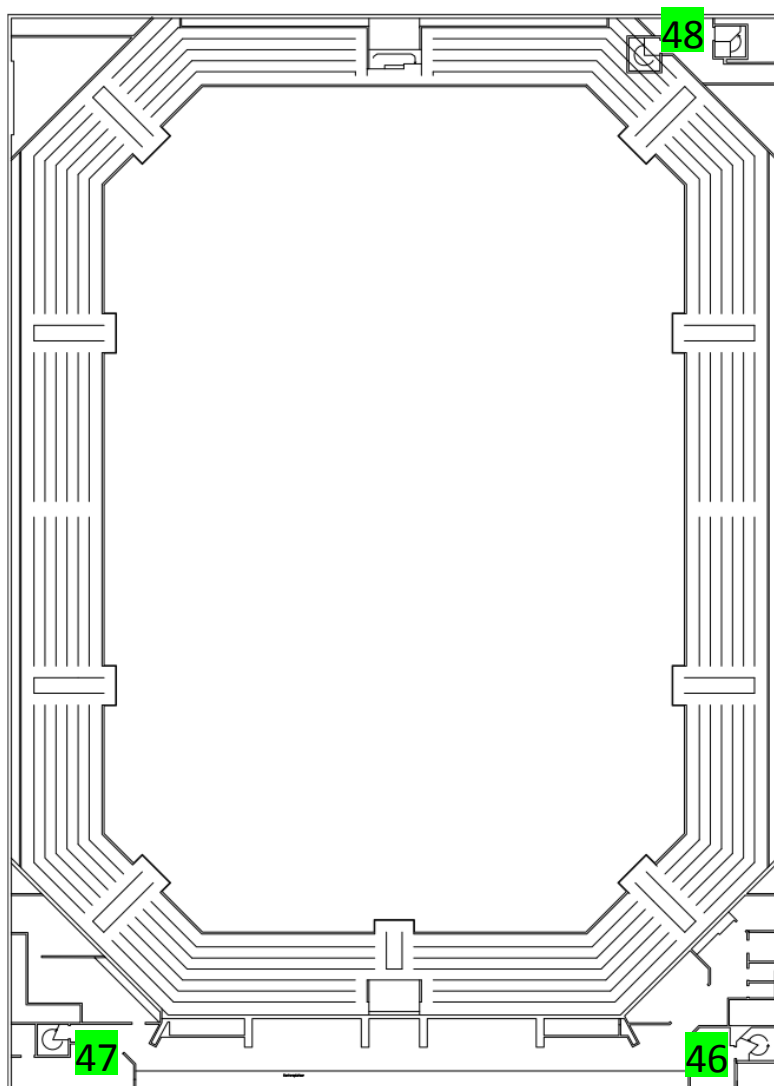




Figur 5.1. Ritning över Helsingborgs arena med utrymningsvägar och brandcellspassager numrerade, plan 1.



Figur 5.2. Ritning över Helsingborgs arena med utrymningsvägar och brandcellspassager numrerade, plan 2.



Figur 5.3. Ritning över Helsingborgs arena med utrymningsvägar och brandcellspassager numrerade, plan 3.

## 5.4.2 Förutsättningar för de utrymmande personerna

Nedan beskrivs ingående parametrar för de utrymmande personerna i Helsingborgs Arena.

### 5.4.2.1 Personantal

Personantalet vid de olika scenarierna är konfigurerad sådan att det ska representera det fall då flest människor vistas i arenan samtidigt, med hänsyn tagen till vilken typ av evenemang som pågår. Då det i grundfallen för scenarierna har utgått från ett maxantal människor som vistas i arenan samtidigt har inga vidare känslighetsanalyser vad gäller personantal genomförts. Tabeller över personfördelning vid olika arrangemang redovisas i kapitel 2.5.

### 5.4.2.2 Personuppställning

Personuppställningen vid simuleringarna varierar beroende av vilket scenario den ska representera. Maxantalet personer som vistas i läktare under evenemang har tagits från stolsplaceringen i arkitektens ritningar. Vidare har största antal åskådare sittande på parkett erhållits från Charlie Fält, driftsansvarig på Helsingborg Arena. Antalet personer som samtidigt kan vistas i foajéerna har antagits utifrån att samtliga som vistas i arenan vid evenemang ska kunna befinna sig i foajéerna under kötid/ paus eller mässa. Maximalt antal personer som vistas i restaurangen under pågående evenemang varierar mellan scenarierna. Restaurangen har plats för 170 personer men antas inte vara

fullsatt under pågående evenemang. I övriga utrymmen som exempelvis pressrum på plan 1 och administrativ avdelning på plan 3 antas endast ett mindre antal personer vistas. Hur personfördelning och personbelastning varierar för vart och ett av scenarierna redovisas nedan i kapitel 9 och 10.

#### 5.4.2.3 Personegenskaper

De personegenskaper som definieras vid utrymningssimuleringarna i Simulex kan få den totala utrymningstiden att variera och måste därför definieras så noga som möjligt utifrån de förutsättningar som personerna i arenan kan tänkas ha. Dessa egenskaper är gånghastighet hos fritt gående individer, axelbredd och reaktionstid. Besökarna förväntas motsvara gruppen ”Commuters” i Simulex. Denna grupp består av 30 % medelpersoner, 30 % män, 30 % kvinnor samt 10 % barn (Frantzich, 1998), vilket anses vara representativt för arenans evenemang. Denna persontyp har valts då fördelningarna kring de medelvärden som är förprogrammerade anses vara normalt representativa för en större folksamling där olika typer av människor kan tänkas finnas representerade. I Tabell 5.2 redovisas fördelningar runt de medelvärden som Simulex använder sig utav för att bestämma olika parametrar för varje individ.

Tabell 5.2. Egenskaper hos individer i Simulex. Värdena är presenterade som medelvärde med en viss spridning.

<b>Egenskap</b>	<b>Medelvärde med fördelning</b>
Axelbredd	0,5 +/- 15 % m
Gånghastighet	0,8 – 1,7 m/s random distribution
Reaktionstid	1 +/- 0,5 s

För att simuleringarna ska gestalta en verklighetstrogen utrymning styrs de utrymmande mot de utgångar som uppskattas vara de i realiteten mest naturliga vid en utrymningssituation. Till exempel tyder forskning på att utrymmande ofta söker sig mot den utrymningsväg som de kom in genom (Frantzich, 2001). Detta har tagits i beaktning då försöksuppställningarna har programmerats. I projektets simuleringar varierar denna andel mellan 30-40 %.

## 6 Statistik

Innan arbetet med brandscenarier kan påbörjas genomförs en statistikundersökning för att undersöka vilka typer av bränder som är vanliga i idrottsarenor. Både statistik angående brandorsak och startutrymme undersöks. Då statistiken i många fall är bristfällig kan inte beslut angående rangordning av sannolikhet grundas endast på denna utan även kvalitativa resonemang används som komplement.

Den statistik som användes som grund är hämtad från MSB:s databas IDA (MSB, 2015). Statistiken som använts presenteras i Bilaga 3.



## 7 Brandscenarier

Efter analys av ritningar samt platsbesök på objektet identifierades ett antal brandscenarier i en grovanalys. Dessa scenarier sållades sedan kvalitativt till tre scenarier som sedan undersöktes närmare.

### 7.1 Grovanalys

Nedan listas de 13 scenarier som identifierades i Helsingborg Arena. Scenarierna har valts ut genom diskussioner inom gruppen och med handledare samt till viss del även med räddningstjänstens representant. Sannolikheten uppskattas med stöd från statistik över hela Sverige samt kvalitativa resonemang och skalan presenteras nedan i

Tabell 7.1.

Scenarierna beskrivs med ett uppskattat brandförlopp och med bedömning av hur branden påverkar utrymning. Vid konsekvensbedömning förs rangordning enligt kvalitativa resonemang med skala enligt

Tabell 7.2.

Tabell 7.1. Modell för sannolikhetsbedömning.

Värde	Beskrivning
1	Mycket låg sannolikhet Händelsen inträffar någon enstaka gång under en sjuårsperiod
2	Låg sannolikhet Händelsen inträffar några gånger under en sjuårsperiod
3	Medel sannolikhet Händelsen inträffar flera gånger under en sjuårsperiod
4	Hög sannolikhet Händelsen inträffar någon gång varje år
5	Mycket hög sannolikhet Händelsen inträffar flera gånger per år

Tabell 7.2. Modell för konsekvensbedömning.

Värde	Beskrivning
1	Mycket låg konsekvens Mycket liten påverkan på utrymning med mycket liten risk för personskada
2	Låg konsekvens Liten påverkan på utrymning med liten risk för personskada
3	Medel konsekvens Märkbar påverkan på utrymning med risk för personskada
4	Hög konsekvens Tydlig påverkan på utrymning med överhängande risk för personskada
5	Mycket hög konsekvens Mycket stor påverkan på utrymning med stor risk för personskada

#### 7.1.1 Garderobsbrand plan 1

På båda sidor av huvudentrén finns det ytor som används som garderob vid arenans evenemang. Dessa ytor är vardera cirka 200 m<sup>2</sup> enligt utsago från Charlie Fält, driftsansvarig på Helsingborg Arena.

#### Uppskattning brandförlopp:

Brandens effektutveckling uppskattas bli stor då det efter spridning är ett stort område som brinner.

Branden uppskattas också växa snabbt då jackor och liknande ofta innehåller mycket syntetmaterial som lätt antänder. Dessutom är avstånden mellan jackorna litet vilket också bidrar till en snabb spridning. Antändning kan ske exempelvis genom att besökare placerat en cigarettfimp i fickan som antänder jackan eller anlagd brand.

#### **Påverkan utrymning**

Vid brand i garderob kommer huvudingången att påverkas då röken ansamlas i foajén. Detta kommer att påverka utrymning från dels plan 1 men även plan 2 och läktaren på plan 3 då utrymning från dessa plan delvis sker genom huvudingången.

De rökjalusier som är installerade i trapporna mellan plan 1 och 2 i foajén försvårar spridningen av rök till plan 2. Jalusierna åker ner till 2,1 meters höjd över golvet vilket innebär att utrymning kan ske under dem utan problem.

#### **Konsekvens: 5**

#### **Sannolikhet: 4**

Enligt statistiken är brand i förråd/klädkammare relativt vanligt med någon brand varje år. Sannolikheten bedöms därför vara hög.

### **7.1.2 Omklädningsrum**

Omklädningsrum finns i anslutning till idrottshallarna. Mängd brännbart material är liten i dessa utrymmen och konsekvenserna av brand blir således relativt små i jämförelse med andra scenarier.

#### **Uppskattning brandförlopp**

Mängden brännbart material i omklädningsrummen uppskattas som liten då det inte finns så mycket brännbart material där. Antändning kan ske genom anlagd brand.

#### **Påverkan utrymning**

Vid en eventuell brand i omklädningsrum påverkas utrymningsvägarna relativt lite. Det är få personer som ska utrymma från dessa utrymmen och då mängden brännbart material är relativt liten uppskattas det ta lång tid tills kritiska förhållanden infinner sig.

#### **Konsekvens: 1**

#### **Sannolikhet: 5**

Sannolikheten att en brand startar i ett omklädningsrum bedöms vara stor. Enligt statistik inträffar brand på toaletter ett par gånger per år. Då toaletter ofta ligger i anslutning till omklädningsrum används denna statistik.

### **7.1.3 Scenbrand**

Två olika scenlägen kan användas i arenan. Då den lilla scenen används delas arenan på hälften. I och med det större personantalet vid den stora scenen används denna som utgångspunkt.

#### **Uppskattning brandförlopp**

Mängden brännbart material uppskattas som stor och består av högtalare, eventuell ljudisolering, tyger, mattor och instrument. Scengolvet som sätts upp antas vara obrännbart. Pyroteknik kan förekomma. Antändning kan ske genom till exempel tekniskt fel eller antändning på grund av pyroteknik.

#### **Påverkan utrymning**

Vid en eventuell scenbrand är det många individer i lokalen som skall utrymmas. Dock påverkas inte antalet utrymningsvägar markant då utrymningen förväntas ske bakåt. Utrymningsvägen direkt bredvid scenen antas dock vara obrukbar vid en scenbrand då utrymning i riktning mot branden bedöms vara onaturlig. Även om antalet utrymningsvägar inte påverkas i någon större omfattning är det mycket folk som ska utrymma vilket gör att konsekvensen bedöms som hög.



## **Konsekvens: 5**

### **Sannolikhet: 2**

Ingen specifik statistik för scen finns i databasen från MSB, dock förutsätts det att säkerhetsnivån kring evenemang med stor scen är hög och att rutinerna kring användande av pyroteknik i närheten av brännbart material är väl utformade. Efter en kvalitativ bedömning av statistik från idrottsanläggning och teater bedöms sannolikheten vara låg att en brand startar på scenen.

#### **7.1.4 Brand i storkök**

I storköket finns diverse köksutrustning som kan orsaka en brand vid felfunktion. Även oljor med mer som används vid matlagningen kan antändas.

##### **Uppskattning brandförlopp**

Inredningen i storköket är i huvudsak obrännbart material som till exempel kakel och metallytor. Det finns dessutom ett automatiskt släcksystem över stekbord och fritöser. Släcksystemet kan dock felfunktionera. Mängden brännbart material uppskattas som medelstor. Antändning kan ske på olika sätt på grund av matlagning, till exempel genom antändning av oljor med mera.

##### **Påverkan utrymning**

Brandgaser kan eventuellt spridas ut i foajén på plan 2 vilket påverkar utrymning från läktarplats. Denna spridning antas vara långsam då storköket är ett eget utrymme, dock ingen egen brandcell.

## **Konsekvens: 2**

### **Sannolikhet: 5**

Enligt statistik inträffar bränder i kök flera gånger per år i idrottsanläggningar. Sannolikheten bedöms därför vara mycket stor.

#### **7.1.5 Soprum**

I detta utrymme hanteras det avfall som arenans olika verksamheter ger upphov till. Utrymmet är utformat som en egen brandcell med dörröppningar dels till utrymningspassagen som förbinder entréns brandcell, arenadelens brandcell, förråd/ lastutrymmets brandcell och soprummet med varandra och dels ut till det fria. Hantering av sopor och åtkomst till soprummet antas i huvudsak ske via dörren till det fria.

##### **Uppskattning brandförlopp**

Beroende av vilka sopor som förvaras i utrymmet vid händelse av brand kan mängden brännbart material variera. Vid det värsta fallet är mängden brännbart material stor. Antändning kan ske genom bristande rutiner vid hantering av varma avfallsprodukter, till exempel aska, eller självantändning.

##### **Påverkan utrymning**

En brand i soprum påverkar inte utrymning i någon större utsträckning då detta utrymme är en egen brandcell och dessutom är beläget på plan 1 där det inte uppehåller sig särskilt mycket folk.

## **Konsekvens: 1**

### **Sannolikhet: 2**

I Helsingborgs Arena är det endast personal som har tillgång till soprummet vilket påverkar sannolikheten för brand i detta utrymme. Enligt statistik från MSB för idrottsanläggningar sker brand i soprum relativt sällan. Dock är soprum en vanlig plats för branduppkomst i andra typer av anläggningar/verksamheter. Med tanke på att soprummet befinner sig i ett utrymme där besökare inte har tillträde och att dörren antas vara låst så bedöms risken för brand vara liten.

#### **7.1.6 Servicekök plan 1**

Serviceköket används som café med normalt caféutbud.

### **Uppskattning brandförlopp**

Då det finns relativt lite brännbart material i serviceköket bedöms risken för brandspridning som liten. En eventuell brand kan uppstå om elektrisk utrustning som exempelvis mackjörn felfungerar.

### **Påverkan utrymning:**

En brand i serviceköket påverkar endast en utrymningsväg. Då själva köket är relativt litet och ansluter till foajén som har stor volym bedöms tiden till kritiska förhållanden vara lång.

**Konsekvens: 2**

### **Sannolikhet: 1**

Sannolikheten att en brand uppstår i serviceköket bedöms vara mycket liten.

## **7.1.7 Kiosker plan 2**

På plan 2 finns det totalt fyra kiosker i anslutning till foajéerna.

### **Uppskattning brandförlopp**

Brännbart material består av interiör samt diverse livsmedel. Mängden brännbart material uppskattas vara medelstor. Brand kan uppstå vid stekbord eller om exempelvis mikrovågsugn, kaffekokare eller annan elektrisk utrustning antänder. Ett automatiskt släcksystem är installerat vid stekbordet. Om detta system inte fungerar eller om branden startar vid en annan plats finns risk att branden sprider sig till interiör och livsmedel.

### **Påverkan utrymning**

Då alla kiosker befinner sig i direkt anslutning till väg till utrymningsväg påverkas utrymningen märkbart. Brandgaserna förväntas ansamlas i foajén vilket påverkar både sikt i utrymningsvägen och exponering av brandgaser.

**Konsekvens: 4**

### **Sannolikhet: 2**

Baserat på kvalitativa bedömningar och statistik anses sannolikheten för att en brand uppstår i kiosk vara låg.

## **7.1.8 Mobil kiosk**

Flertalet mobila kiosker finns i arenan med diverse livsmedel.

### **Uppskattning brandförlopp**

Mängden brännbart material bedöms liten för de mobila kioskerna. Risk för brandspridningen från en mobil kiosk anses vara liten. Antändningskälla kan vara anlagd brand.

### **Påverkan utrymning**

En brand i en mobil kiosk påverkar inte utrymningen nämnvärt, då det finns en liten mängd brännbart material samt att släckning bör kunna ske fort eftersom kiosken alltid är bemannad.

**Konsekvens: 1**

### **Sannolikhet: 1**

Sannolikheten att en brand i mobil kiosk inträffar är mycket liten.

## **7.1.9 Bar och restaurang plan 2**

Restaurangen ligger i anslutning till foajé. Det har tidigare inträffat en brand med levande ljus som antände dukar och inredning.

### **Uppskattning brandförlopp**

I restaurangen finns det bord, stolar, dukar, alkohol och diverse inredningsdetaljer. Mängden brännbart material uppskattas vara medelstor. För att brand skall spridas i restaurangdelen och

antända bord och stolar, som utgör en stor del av det brännbara materialet, krävs en kraftig brand. En sådan brand bedöms inträffa sällan. Möjliga antändningskällor kan vara levande ljus eller elektrisk utrustning som kortsluter.

#### **Påverkan utrymning**

Då restaurangdelen har stora öppningar mot foajén kommer brandgaser att spridas ut i detta utrymme. Detta kommer att påverka utrymning för de personer som sitter på läktarplats på plan 2 och 3. Tiden till kritiska förhållanden anses vara lång då det är ett stort utrymme som skall rökfyllas.

**Konsekvens: 3**

#### **Sannolikhet: 3**

Från tillgänglig statistik är sannolikheten för en brand i restaurangdelen låg. Då det tidigare har inträffat en brand i lokalen bedöms dock sannolikheten vara medelhög.

### **7.1.10 Varuintag/inlastningszon plan 1**

På plan 1 finns ett varuintag där avlastning av exempelvis scenmateriel, matvaror med mer lastas och avlastas. Här finns också laddningsstation för truck, förvaring av stolar, galgar och diverse annan materiel.

#### **Uppskattning brandförlopp**

Mängden brännbart material förväntas vara störst vid förberedelse för evenemang. På plats observerades plastbackar i pallställage, stolar, galgar med mera. För det värsta fallet finns det en stor mängd brännbart material. Möjliga brandscenarier är en anlagd brand eller något verktyg som överhettas och antänder. Det observerades vid platsbesök att dörrar in mot arenan var uppställda med kil vilket bryter brandcellsindelningen och påverkar brandgasspridningen in i arenan.

Vid evenemang kan det antas att denna dörr är uppställd då rekvisita eller liknande skall bytas ut. Om en brand uppstår förväntas brandgasspridning ske ut i arenahallen. Detta fall kan liknas med scenbranden och ge ungefär samma utrymningsförhållanden. En scenbrand antas dock få större rökspridning.

#### **Påverkan utrymning**

En eventuell brand vid evenemang bedöms inte försvåra utrymningen märkbart då enbart personal befinner sig i detta utrymme och att varuintaget ligger i en skild brandcell från arenan. Vid den tidpunkt då mängden brännbart material förväntas vara som störst befinner det sig inte så mycket människor i arenan. I detta fall blir konsekvenserna för människor små.

Om en av dörrarna mellan lastzonen och arenahallen är uppställd finns risk för rökspridning in till arenahallen. För detta scenario påverkas utrymningen på liknande sätt som för scenbranden. Då scenbranden bedöms innebära en större påfrestning för utrymningen prioriteras scenbranden före brand i lastzonen.

**Konsekvens: 3**

#### **Sannolikhet: 2**

Sannolikheten bedöms utifrån tolkningar av statistik samt kvalitativa resonemang angående antändningskällor och tillgängligt brännbart material. Vid platsbesöket observerades få troliga antändningskällor. Detta konfirmeras även av statistik för denna typ av utrymme. Därför bedöms sannolikheten vara låg.

### **7.1.11 Brand i reservfoajéer**

Två stycken reservfoajéer finns i anslutning till B-hallen på plan 2. Dessa används vid bland annat konferenser, mässor med mera.

### **Uppskattning brandförlopp**

Mängden brännbart material i utrymmet förväntas vara relativt låg då det till största del endast finns stolar och bord. Det ligger också en heltäckningsmatta på golvet, denna kommer dock inte delta förrän mycket sent i brandförloppet. Vid mässor kan mängden brännbart material vara något högre då utrymmet kan användas som utställningshall. Tänkbara antändningskällor kan vara en anlagd brand eller levande ljus.

### **Påverkan utrymning**

Utrymningen för resten av arenan påverkas inte märkbart då reservfoajéerna är egna brandceller. Vid mässor kan utrymningen tänkas försvåras då utställningen kan vara ett hinder.

### **Konsekvens: 2**

### **Sannolikhet: 3**

Sannolikheten bedöms utifrån tolkningar av statistik samt kvalitativa resonemang angående antändningskällor och tillgängligt brännbart material. Vid mässor kan det förväntas finnas mycket brännbart material i detta utrymme. Rekvisita som till exempel levande ljus kan även förväntas förekomma varför sannolikheten antas bli medelhög.

### **7.1.12 Förråd**

Flertalet förråd finns i arenan. I dessa förråd förvaras diverse materiel. Inga brandfarliga ämnen förvaras dagligen i något av förråden.

### **Uppskattning brandförlopp**

Mängden brännbart material kan variera i förråden och antändning kan ske genom anlagd brand.

### **Påverkan utrymning**

Utrymningen påverkas inte märkbart då förrådsdörrar är stängda och låsta.

### **Konsekvens: 1**

### **Sannolikhet: 3**

Sannolikheten bedöms vara medel efter kvalitativa resonemang utifrån statistik. Enligt statistiken är brand i förråd relativt hög, dock förväntas förrådsdörrarna vara stängda och låsta varför sannolikheten sätts till medel.

### **7.1.13 Brand i trapphus**

I arenan finns det flertalet trapphus som används som utrymningsväg.

### **Uppskattning brandförlopp**

Eftersom trapphusen används som utrymningsväg skall det inte finnas något brännbart material där. Mängden brännbart material är därför liten. En brandrisk som finns i utrymmet är en eventuellt anlagd brand. Trapphusen är egna brandceller, därför antas en eventuell brand stanna i utrymmet och inte spridas vidare.

### **Påverkan utrymning**

En brand i ett av trapphusen påverkar utrymningen då dessa vanligtvis används som utrymningsväg.

### **Konsekvens: 3**

### **Sannolikhet: 2**

Sannolikheten bedöms vara låg enligt statistik. I trapphusen finns det mycket lite brännbart material och frånvaro av relevanta antändningskällor bidrar till en låg sannolikhet.

## 7.2 Riskmatris

De scenarier som identifierats förs in i en riskmatris för att mer överskådligt kunna jämföra scenarierna sinsemellan. Denna matris presenteras i Figur 7.1.

SANNOLIKHET	5	Omklädningsrum	Storkök			
	4					<b>Garderob</b>
	3	Förråd	Reservfoajéer	Bar/Restaurang		
	2	Soprum		Varuintag/lastzon Trapphus	<b>Kiosk</b>	<b>Scen</b>
	1	Mobil kiosk	Servicekök			
		1	2	3	4	5
KONSEKVENNS						

Figur 7.1 Riskmatris med de behandlade scenarierna.

För att bedöma brandsäkerheten i arenan väljs tre av scenarierna ut för vidare brandteknisk analys. De scenarier som anses vara värst är de tre scenarierna med högst konsekvens. Dessa är scenbrand, garderobsbrand samt kioskbrand på plan 2.



## 8 Scenario 1 - Brand stor scen

När den stora scenuppställningen används ställs scenen upp på den östra delen av arenan. Scenuppställningen visualiseras i Figur 8.1. Det stora scenläget kan ta upp en yta av  $12 \times 25$  meter. Dessa dimensioner varierar dock från evenemang till evenemang då det är evenemangsarrangören själv som oftast står för scenbygget och upplägget för detta. Scenen är till allra största del uppbyggd av obrännbara material. Under ett evenemang utrustas den dock med bland annat högtalare och diverse rekvisita. Det är inte ovanligt att pyroteknik används vid konserter och liknande vilket kan felfungera och resultera i en brand.



Figur 8.1 Scenens placering i arenahallen.

Den utrustning och rekvisita som skulle kunna antändas uppskattas ta upp ungefär femton procent av scenens totala area.

### 8.1 Känslighetsanalys

För att täcka in eventuella variationer i brandförloppet och även för att ta hänsyn till oväntade fel vid utrymningen har scenario 1 tilldelats ett underscenario. Genom detta provas systemets stabilitet och säkerhet. Underscenariot utgår från grundscenariot varpå en utrymningsväg blockeras för att på så vis ge en bild av systemets känslighet. Inga variationer i effektutveckling har simulerats då branden i grundscenariot redan anses vara större än troligt.

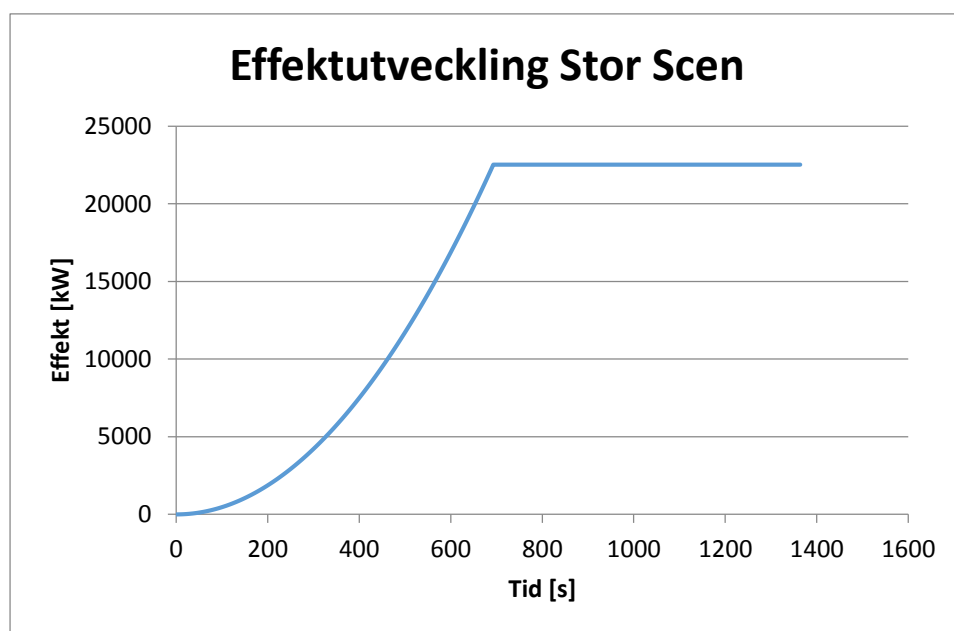
**Grundscenario:** Vid detta scenario finns alla, för scenariot aktuella utrymningsvägar tillgängliga. Utrymningsväg 28 i Figur 5.1 är dock blockerad av branden och används inte.

**Scenario 1A:** Vid detta scenario är utrymningsväg 28 och 29 i Figur 5.1 blockerade. Scenariot antar att utrymningsväg 29, mot inlastningsutrymnet söder om arenagolvet är blockerad på grund av felaktigt placerad last. Detta scenario skulle också kunna spegla en eventuell rökspridning till inlastningsutrymnet via de uppkilade dörrar vid sidan av scenen, som påträffades vid platsbesöket. Denna väg är otillgänglig under hela utrymningsförloppet.

## 8.2 Effektutveckling Stor scen

När FSD gjorde dimensionerande brandskydd simulerade de en scenbrand med effekten 30 MW. Detta skulle alltså ungefär motsvara tio stycken tresitssoffor som alla når sin maxeffekt samtidigt (Särdqvist, 1993). En sådan brand bedöms vara orimligt stor och därför tas en ny effektkurva fram till rapportens simuleringar.

En effektkurva för brand i scenen har tagits fram i Bilag. Denna redovisas i Figur 8.2. Brandens maxeffekt uppgår till 22,5 MW vilket även detta är en mycket stor brand. Tillväxthastigheten är fast vilket motiveras i Bilaga 1.



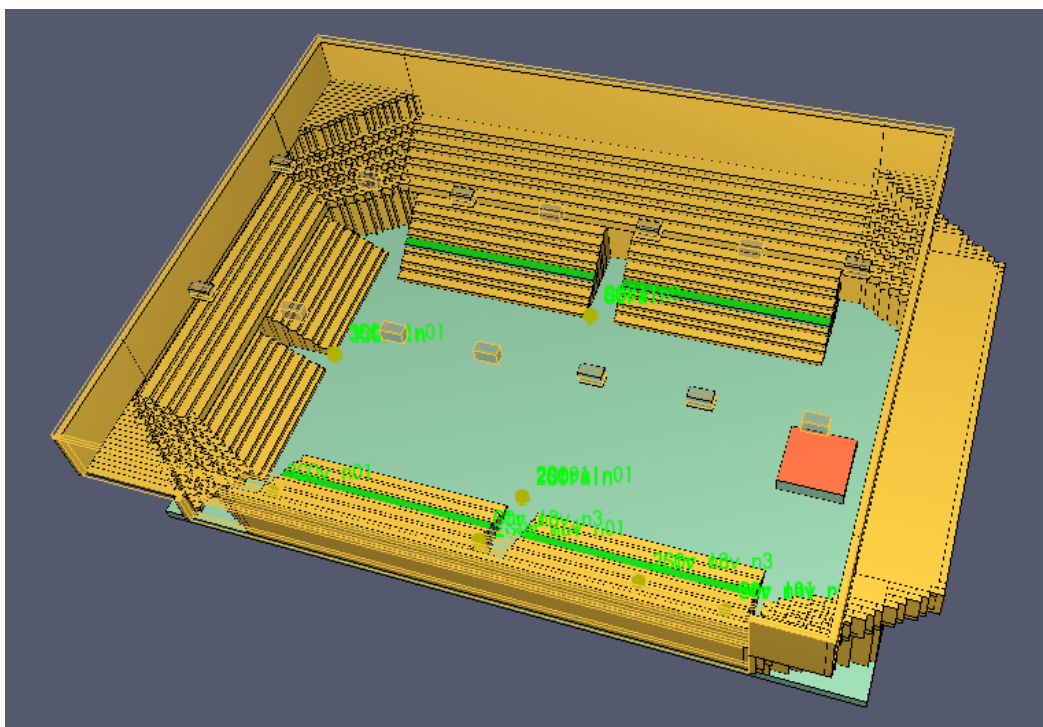
Figur 8.2 Effektutveckling över tid för brand i den stora scenen.

## 8.3 FDS-simulering av scenbrand

Vid simulering av scenbranden skapades geometrin i Pyrosim, denna kan ses i Figur 8.3. Branden är placerad i den östra delen av hallen och har en yta på 36 m<sup>2</sup>, vilket utgör cirka 15 % av ytan på scenen. Geometrin har förenklats något då programmet endast kan hantera rektangulära objekt. Det är då läktare, läktargångar och främst de sneda läktarna som förenklats. Volymen på lokalen är dock bevarad. Arenan har 12 stycken brandgasluckor på 2 m<sup>2</sup> vardera, som alla antas vara öppna redan vid simuleringens start. Tilluftsdon finns lokaliserade under de nedre läktarnas sittplatser och har en kapacitet på totalt 20 m<sup>3</sup>/s. I simuleringen förenklas detta till en tilluftsytta på mellersta raden på fyra av de nedre läktarna, vardera med ett volymflöde på 5 m<sup>3</sup>/s. Volymen är uppdelad i sex gridnät, varav fem av dessa har en cellstorlek på 50 cm. Det sjätte gridnätet är lokaliserad runt branden och har en finare cellstorlek på 25 cm. Detta ger ett  $D^*/dx$  på 6,67 för 50 cm gridnäten och ett värde på 13,33 för 25 cm gridnäten. I simuleringen används en Soot-yield på 0,037 och en CO-yield på 0,0199, detta är en sammanvägning av olika värden, då det som brinner uppskattas vara en blandning av 70 % trä, 10 % PVC, 10 % nylon och 10 % polyester (Society of Fire Safety , 2012).

Eftersom branden som simuleras är väldigt stor ansågs en känslighetsanalys angående effektutvecklingen vara överflödig. En större brand än den som simulerats anses mycket osannolik.



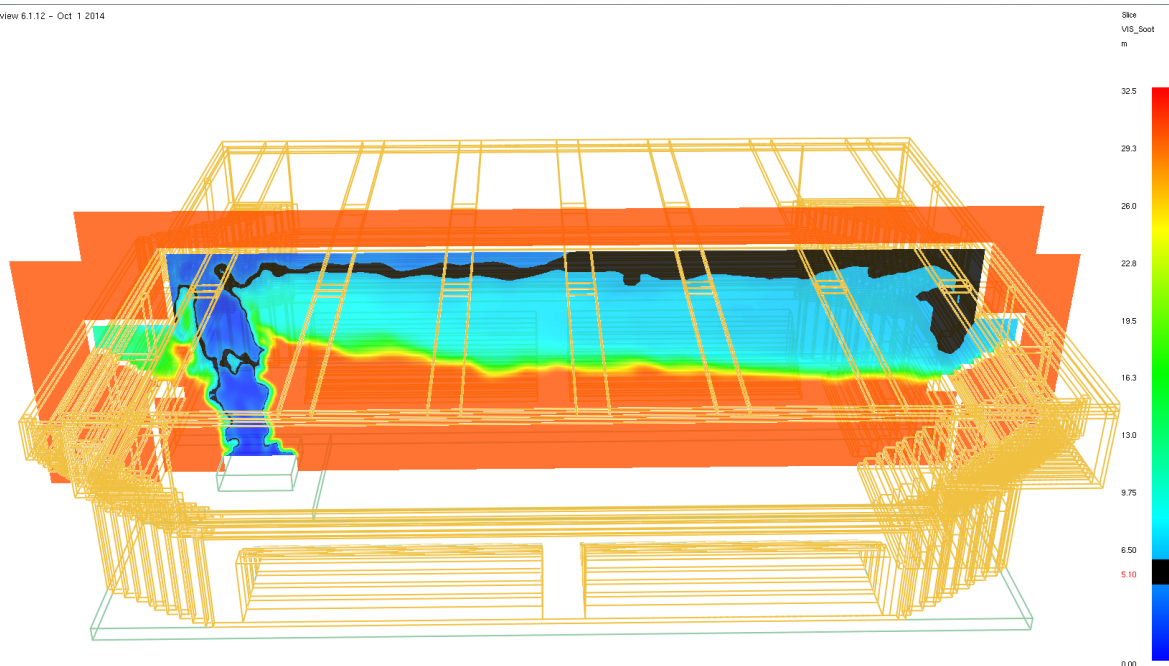


Figur 8.3 Arenahallen uppritad i Pyrosim.

### 8.3.1 Resultat FDS-simulering

Resultaten från simuleringarna av scenbranden visar att sikten är den dimensionerande faktorn för tid till kritiska förhållanden. Varken kolmonoxidnivån eller de andra gashalterna som mättes med slice files i programmet ligger nära de kritiska gränsvärdena som finns föreslagna i BBRAD 3. Den höga takhöjden och stora volymen gör också att temperaturen i brandgaslagret inte blir särskilt hög. Först efter 10 minuter är temperaturen vid taket över 80°C i större delen av lokalen. På de nivåer där det vistas människor utgör dock inte temperaturen något problem.

Den övre läktaren (plan 3) på andra sidan av arenan sett från branden är den mest utsatta delen av lokalen. Här försämras sikten snabbt när brandgaslagret hunnit sprida sig fram till kortsidan. Köförhållanden förväntas uppstå tidigt och därmed är gränsen för kritiska förhållanden för sikt vid 5 meter enligt BBRAD 3. Detta inträffar vid de övre läktarna efter ungefär sju och en halv minut. En slice file över sikten vid denna tidpunkt redovisas i Figur 8.4. För människor på de lägre läktarna och på golvet uppkommer inte kritiska förhållanden under de tio minuter som har simulerats.



Figur 8.4 Slice file över sikten i arenahallen sju och en halv minut efter antändning. Ovanför det svarta området är sikten kortare än 5 meter.

## 8.4 Utrymningssimulering

I detta avsnitt presenteras scenarier för utrymningen. Avsnittet täcker grundscenario samt scenarier för känslighetsanalys.

Människor i arenan antas se branden vid ett tidigt skede vilket påverkar utrymningstiden. Personal på arenan antas aktivera utrymningslarmet efter 30 sekunder, detta är då varseblivningstiden. Besluts- och reaktionstiden för personer som ser branden sätts till 60 sekunder (Boverket, 2006).

Observera att utrymningstiderna som simuleras endast ska ses som en ungefärlig utrymningstid då simuleringsprogrammen inte är en exakt avbild av verkligheten.

### 8.4.1 Grundscenario - Scenbrand

För att få en bild över hur utrymningen ser ut beskrivs i detta avsnitt ett uppskattat brandscenario.

En brand startar på scenen till följd av felande elektronik eller överhettad högtalare under pågående evenemang av konserttyp. Människor i arenan befinner sig i huvudsak på arenagolvet, på läktarna som sträcker sig mellan plan 1 och 2 samt på läktare på plan 3. Ett fåtal människor befinner sig även i kontorsdelen på plan 3, i pressrummet på plan 1 och i restaurangdelen på plan 2. I detta scenario antas arenan vara fullsatt med ungefär 5500 evenemangsbesökare och 150 personer i övriga lokaler. Detta ger således ett totalt personantal på 5650 personer i arenan. Troligast är att arenan vid de flesta evenemangen inte är fylld till maxantalet utan att det reella antalet besökare är något lägre men denna siffra används för att erhålla konservativa resultat. Branden sprider sig vidare till närliggande brännbart material, exempelvis instrument, dekor, backdrop-tyg och liknande och tillväxer till en stor brand. I och med att branden startar på eller i direkt anslutning till scenen som rimligtvis är i publikens direkta blickfång upptäcks branden snabbt av åskådarna och varseblivningstiden blir därför kort. Varseblivningstiden för de personer som inte har direkt överblick över scenen antas vara samma som för de övriga, trots att den i verkligheten antagligen är något längre. Detta antagande kan göras då det endast är ett fåtal personer som vistas i dessa utrymmen och i och med att det är mer intressant att analysera hur utrymningsflödet från dessa utrymmen stör flödet i stort. Då brandintensiteten efter en relativt kort tid anses vara så pass hög att den upplevs som obehaglig och för att det anses vara ett

onaturligt vägval att utrymma mot brandens riktning används inte utrymningsväg 28, direkt bredvid scenen.

Från läktare på plan 3 ska utrymningen ske ner till plan 2 via läktartrappor med en bredd av 850 mm. Vidare från plan 2 sker utrymningen via trapphus till det fria eller via trappor ner till huvudfoajé och därigenom vidare ut till det fria.

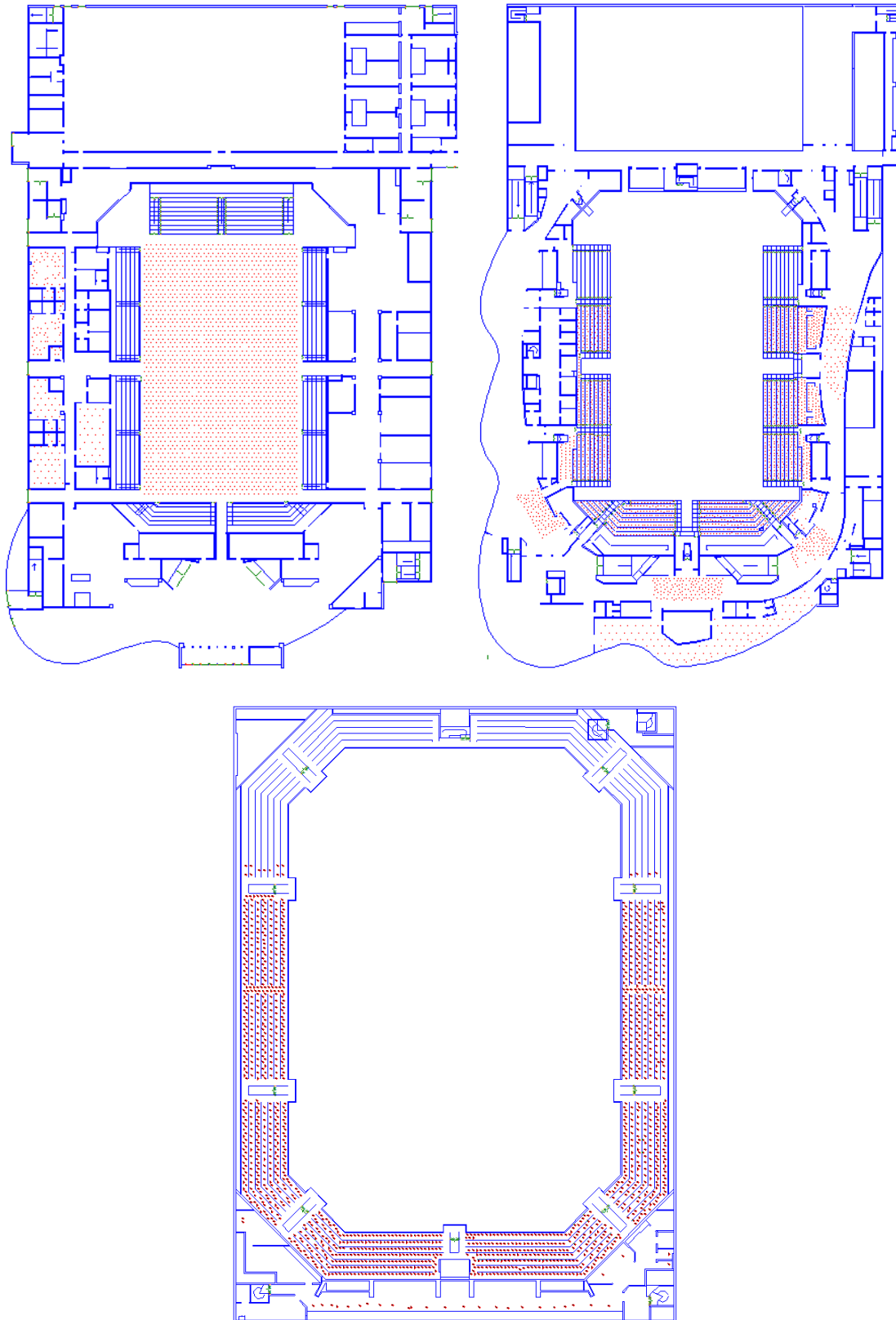
Personal i kontorsdelen på plan 3 ska utrymma via spiraltrappor ner till plan 2 och därifrån ut till det fria via trapphus.

Från läktare mellan plan 1 och 2 ska övre hälften utrymma uppåt genom läktartrappor till plan 2 och därifrån till det fria genom trapphus eller via trappor till entrén på plan 1 och därifrån vidare ut via huvudingången. Nedre hälften av åskådarna utrymmer nedåt genom läktartrappor till arenagolvet och därifrån till det fria genom utrymningsväg åt sidorna eller genom huvudentrén.

Personfördelning och initial personuppställning vid detta scenario ges av Tabell 8.1 och Figur 8.5 nedan.

*Tabell 8.1. Personfördelning vid Scenbrand – grundscenario.*

Plats	Antal
<b>Arenagolv</b>	2000
<b>Läktare plan 1-2 samt direkt anslutande ytor i foajé plan 2</b>	1840
<b>Läktare plan 3</b>	1500
<b>Kontor plan 3</b>	30
<b>Omlädnings/ Loge norra delen</b>	150
<b>Pressrum</b>	30
<b>Restaurang/ bar plan 2</b>	100
<b>Totalt</b>	5650



Figur 8.5. Initial personuppställning scenbrand - grundscenario.

## 8.4.2 Scenario 1A

Utrymningsväg 29 (se Figur 5.1) från arenagolvet till intilliggande brandcell (lastutrymnet) är blockerad på grund av felaktigt placerat gods. Denna väg är således inte tillgänglig vid utrymning av arenagolvet under någon del av utrymningsförloppet. Utrymmande genom utrymningsväg 21 (se Figur 5.1) till det fria passerar i grundscenariot genom denna blockerade utrymningsväg och måste i detta scenario alltså välja en annan väg. I övrigt är scenariot samma som i grundscenariot vad gäller övriga utrymningsvägar, personfördelning och brandeffekt.

## 8.4.3 Resultat

Nedan redovisas resultat från utrymningssimuleringar gjorda i Simulex.

### 8.4.3.1 Grundscenario

Vid simuleringens start är personerna i arenan fördelade enligt uppställningen i Tabell 8.1. Omedelbart efter simuleringens start rör sig människor mot närmsta nödutgång enligt följande; större delen av människorna på den nordöstra delen av arenagolvet rör sig mot utgång 27, förutom ett mindre antal som utrymmer uppför läktarna via läktartrappa i den nordöstra läktaren. Samma rörelsemönster syns hos publiken på den sydöstra delen av arenagolvet, där majoriteten rör sig mot utgång 29 och ett fåtal utrymmer upp till plan 2 via läktartrappan i det sydöstra hörnet. En stor del av människorna på arenagolvet utrymmer bakåt, genom huvudingången ut till entrén och mindre grupper utrymmer via den nordvästliga respektive den sydvästliga utrymningsväg 26 och 30. I Figur 8.6 visas den initiala uppdelningen av de utrymmande på arenans plan 1.

Personer i pressrum och omklädningsrum/ loger i arenans norra del på plan 1 utrymmer via korridor till det fria via utrymningsväg 6, 5 och 4.

Personer på läktare mellan plan 1 och 2 utrymmer dels ner till arenagolvet och ut till det fria samma väg som de övriga utrymmande från arenagolvet och dels upp till plan 2 och vidare ut till det fria via trapphus eller via trappor och sedan genom entrén på plan 1.

Människor som befinner sig i restaurangen utrymmer både via trappa ner till entrén på plan 1 och sedan ut via huvudingången och via det sydvästra trapphuset direkt ut till det fria.

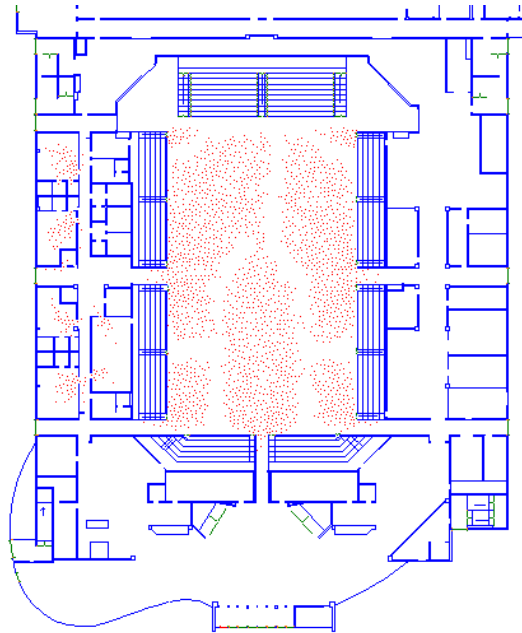
Personer på läktare på plan 3 utrymmer via trappor ner till plan 2 och därifrån ut till det fria antingen via trapphus eller via trappor till entrén och vidare ut genom huvudingången.

Personer i den administrativa delen av plan 3 utrymmer genom spiraltrappor ner till plan 2 och därifrån till det fria genom trapphus.

Förflyttningstider för olika skeden i utrymningen presenteras nedan i Tabell 8.2.

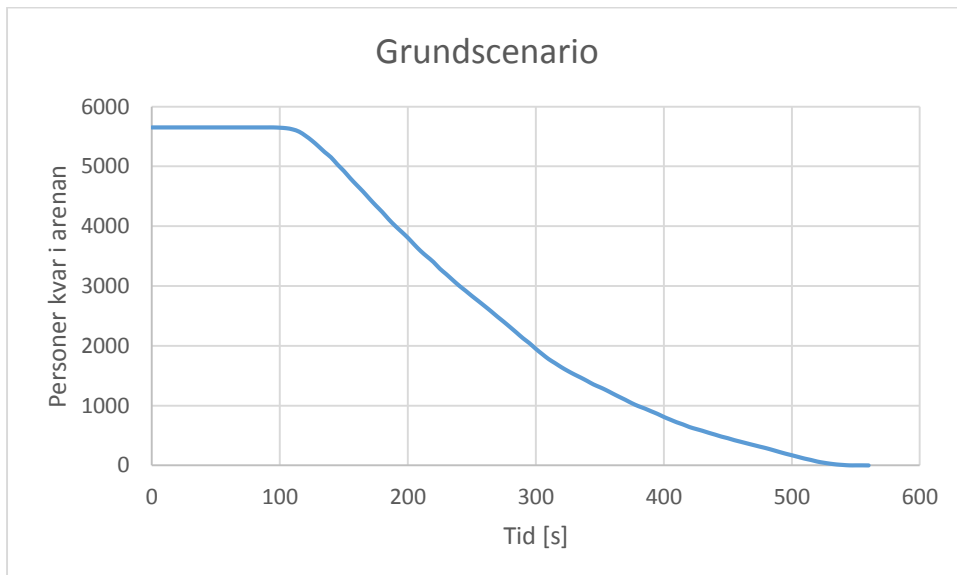
Tabell 8.2. Förflyttningstider vid utrymningssimulering i Simulex av scenbranden – grundscenario.

Händelse	Tid [s]
<b>Största delen av läktare mellan plan 1 och 2 utrymda.</b>	60
<b>Arenagolvet fullständigt utrymt, samtliga personer har lämnat läktare mellan plan 1 och 2.</b>	306
<b>Läktare på plan 3 är fullständigt utrymd. De sista att lämna är personer vid västra utrymningsvägen.</b>	337
<b>Samtliga personer har lämnat den branddrabbade brandcellen</b>	402
<b>Samtliga personer har lämnat byggnaden.</b>	465



Figur 8.6. Utrymningsmodellens startskede - grundscenario, scenbrand.

Den simulerade förflyttningstiden adderat med varseblivningstiden, tidigare i kapitlet beskriven som 30 sekunder och besluts- och reaktionstiden antagen till 60 sekunder enligt (Boverket, 2006) ger en total utrymningstid på 555 sekunder. Personantal i byggnaden över tid presenteras nedan i Figur 8.7 och intressanta tidssteg presenteras i Tabell 8.3.



Figur 8.7. Antalet personer som är kvar i arenan över tid vid grundscenariot. Under de första 90 sekunderna utrymmer ingen då denna tid går åt till varseblivningstid samt besluts- och reaktionstid.

Tabell 8.3. Tidssteg i utrymningssimulering av grundscenariot.

Händelse	Tid [s]
<b>Varseblivningstid</b>	30
<b>Beslut- och reaktionstid</b>	60
<b>Förflyttningstid</b>	465
<b>Total utrymningstid</b>	555

Handberäkningar har gjorts för grundscenariot, dessa presenteras i Bilaga 4. För en person som utrymmer från arenagolvet beräknas det ta 371 sekunder, vilket är 65 sekunder långsammare än simulerad tid. För en person som utrymmer från läktaren på plan 3 beräknas det ta 218 sekunder, vilket är 119 sekunder snabbare än simulerad tid. Resultatet diskuteras i kapitel 15.

Handberäkningar har också utförts för strålningsintensitet från branden mot de utrymmande. Denna beräknas uppnå en strålningsintensitet på 4,5 kW/m<sup>2</sup> på ett avstånd från branden av 21 m. Dessa beräkningar presenteras i Bilaga 2.

#### 8.4.3.2 Scenario 1A

Vid simuleringens start är personerna i arenan fördelade enligt uppställningen i Tabell 8.1. Omedelbart efter simuleringens start rör sig människor mot närmaste nödutgång enligt följande; större delen av personerna på arenagolvets nordöstra del utrymmer genom utrymningsväg 27, förutom en mindre grupp som utrymmer uppför läktartrappan i hörnet på den nordöstra läktaren. Två mindre grupper på arenagolvets sydöstra del utrymmer, också de upp till plan 2 via läktartrapporna i den sydöstra läktaren. En stor del av människorna på arenagolvet utrymmer bakåt, genom huvudingången ut till entrén och mindre grupper utrymmer via den nordvästliga respektive den sydvästliga utrymningsväg 26 och 30. Då utrymningsväg 29 är blockerad i detta scenario ökar belastningen på utrymningsväg 27, 30 och passagen mellan arenagolvet och huvudentrén. I figur Figur 8.8 visas den initiala uppdelningen av de utrymmande på arenans plan 1.

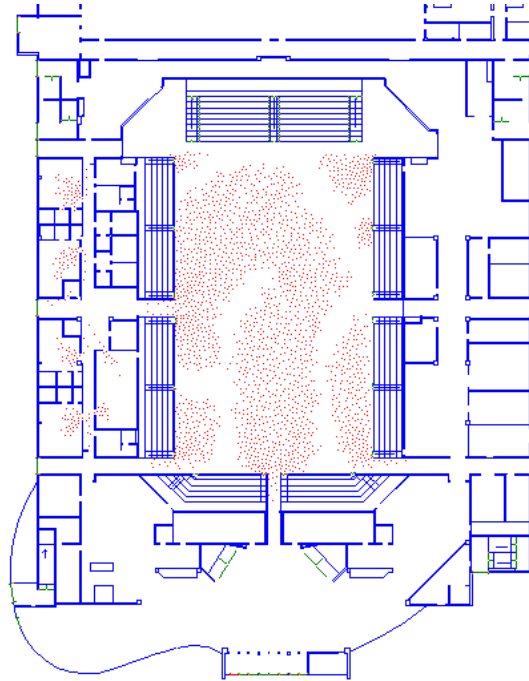
Utrymning av arenans övriga delar sker på liknande sätt som i grundscenariot.

Den blockerade utrymningsvägen bidrar till ökande utrymningstider i hela arenan. Den största effekten syns dock vid utrymningsväg 32 vilken belastas märkbart hårdare i detta scenario och är den väg som de sista personerna i arenan lämnar genom.

Tider för olika skeden i utrymningen presenteras nedan i Tabell 8.4.

Tabell 8.4. Tider vid utrymningssimulering i Simulex - scenariokategori I – 1A.

Händelse	Tid [s]
<b>Största delen av läktare mellan plan 1 och 2 utrymda.</b>	120
<b>Arenagolvet fullständigt utrymt, samtliga personer har lämnat läktare mellan plan 1 och 2.</b>	343
<b>Läktare på plan 3 är fullständigt utrymd. De sista att lämna är personer vid västra utrymningsvägen.</b>	335
<b>Samtliga personer har lämnat den branddrabbade brandcellen</b>	522
<b>Samtliga personer har lämnat byggnaden.</b>	571

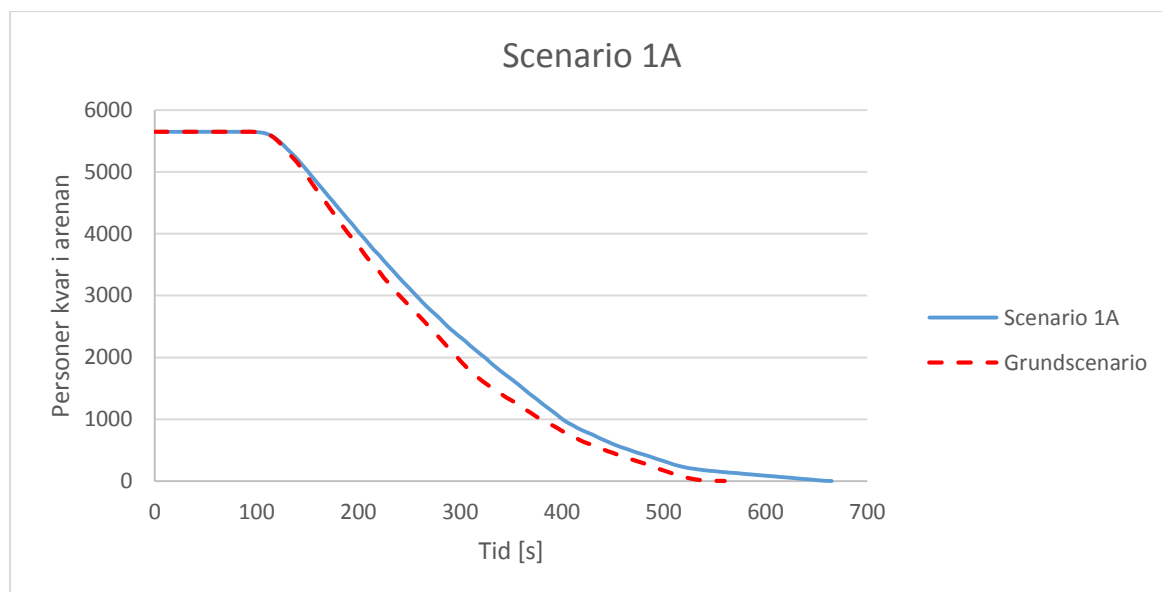


Figur 8.8. Utrymningssimuleringens startskede – scenario 1a, scenbrand.

Förflyttningstiden adderat med varseblivnings- och besluts- och reaktionstiden enligt resonemang ovan under rubrik



Scenario 1 - Brand stor scen ger en total utrymningstid på 661 sekunder. Personantal över tid presenteras nedan i Figur 8.9 och intressanta tidssteg presenteras i Tabell 8.5.



Figur 8.9. Antalet personer som är kvar i arenan över tid vid scenario 1A. Under de första 90 sekunderna utrymmer ingen då denna tid går åt till varseblivningstid samt besluts- och reaktionstid. Som jämförelse presenteras grundscenariot i diagrammet som en streckad linje.

Tabell 8.5. Tidssteg i utrymningssimulering av scenario 1A.

Händelse	Tid [s]
<b>Varseblivningstid</b>	30
<b>Beslut- och reaktionstid</b>	60
<b>Förflyttningstid</b>	571
<b>Total utrymningstid</b>	661

## 8.5 Sammanvägning av simuleringresultat

I detta avsnitt presenteras en jämförelse mellan FDS-simuleringar och simuleringar av utrymning i Simulex.

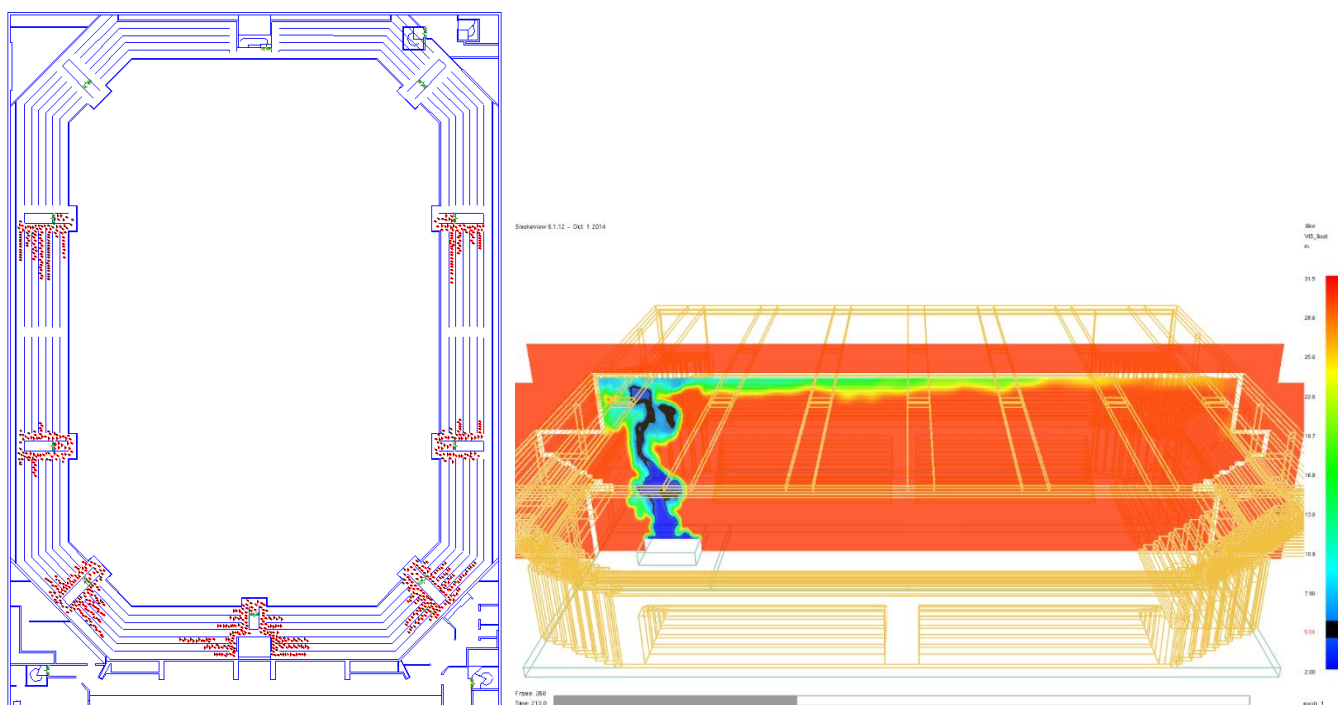
### 8.5.1 Grundscenario

Vid simulering av brandscenariot i FDS konstateras att den faktor som potentiellt kan uppnå kritiska förhållanden är sikten på grund av brandgasspridning. De värsta siktförhållandena uppkommer, på grund av takstrålen som skapas av branden, i arenans östra del uppe vid läktare på plan 3. Denna situation är således den som skulle kunna resultera i värst konsekvenser om personer på denna läktare inte hunnit utrymma innan kritiska förhållanden uppstår.

Kritiska förhållanden för sikt vid köbildning är enligt BBRAD 3 en sikt på 5 meter och dessa siktförhållanden uppstår vid den östra läktartrappan på plan 3 i simuleringen efter ungefär sju och en halv minut, det vill säga efter ungefär 450 sekunder. Utrymningssimuleringarna tyder på att personer som utrymmer via denna läktartrappa har hunnit ner till plan 2 efter ungefär 430 sekunder.

I övrigt uppstår inga situationer enligt simuleringarna av scenbrandens grundscenario som kan ge upphov till kritiska förhållanden för de utrymmande.

I Bilaga 5 redovisas bilder från simuleringarna vid motsvarande tider för lätt jämförelse. Ett utdrag ur Bilaga 5 redovisas i Figur 8.10 för att ge förståelse för brandens och utrymningens utseende. Det kan vara värt att kommentera att branden når sin maxeffekt först efter ungefär elva minuter och har alltså inte hunnit nå sin fulla styrka innan alla besökande har hunnit utrymma



Figur 8.10 Utdrag från bilaga 5. Jämförelse mellan simuleringar.

### 8.5.2 Scenario 1A

Då det är samma brandscenario som är dimensionerande för utrymningsförsöken även i scenario 1A är tiden och platsen för uppkomst av kritiska förhållanden de samma som i grundscenariot. Det vill säga, kritiska förhållanden uppstår vid den östra läktartrappan på plan 3 efter ungefär 450 sekunder. Utrymningen från läktare på plan 3 påverkas inte av den blockerade utrymningsvägen i scenario 1A och tiden till fullständig utrymning av plan 3 är i stort sett densamma som för grundscenariot, det vill säga ungefär 430 sekunder.

Även om utrymningen i stort tar längre tid i detta scenario (drygt 100 sekunder längre än grundscenariot) påverkas de utrymmande inte negativt av detta då kritiska förhållanden inte uppstår på någon plats där människor befinner sig eller passerar på sin väg ut från den branddrabbade brandcellen och arenan.

## 9 Scenario 2 - Garderobsbrand

På grund av garderobernas placering och ett snabbt brandförlopp skulle en brand i någon av garderoberna vara påfrestande för utrymningen. Andelen plastmaterial i de jackor och liknande som lämnas i garderoben kan också antas vara hög och bör ge upphov till kraftig rökutveckling. Av dessa anledningar bedöms ett scenario med en garderobsbrand vara intressant att undersöka närmare.

Garderoben i den norra delen av entrén anses blockera fler utrymningsvägar jämfört med en brand i den södra garderoben. Rapporten kommer därför undersöka en brand i den norra garderoben. Enligt uppgifter från driftsansvarig förvaras i värsta fall 800 jackor per garderob.

### 9.1 Känslighetsanalys

Som känslighetsanalys för garderobsbranden delades scenariot in i fem delscenarier som förklaras nedan.

**Grundscenario:** Alla utrymningsvägar finns tillgängliga. Dock kan passage 25 i Figur 5.1 inte användas då denna blockeras av branden.

**Scenario 2A:** I detta scenario antas att utrymningsväg 2 i Figur 5.1 är blockerad. Denna utrymningsväg valdes då den är viktig för utrymningen. Detta gör att de besökare som tänkte utrymma denna väg istället måste välja huvudingången.

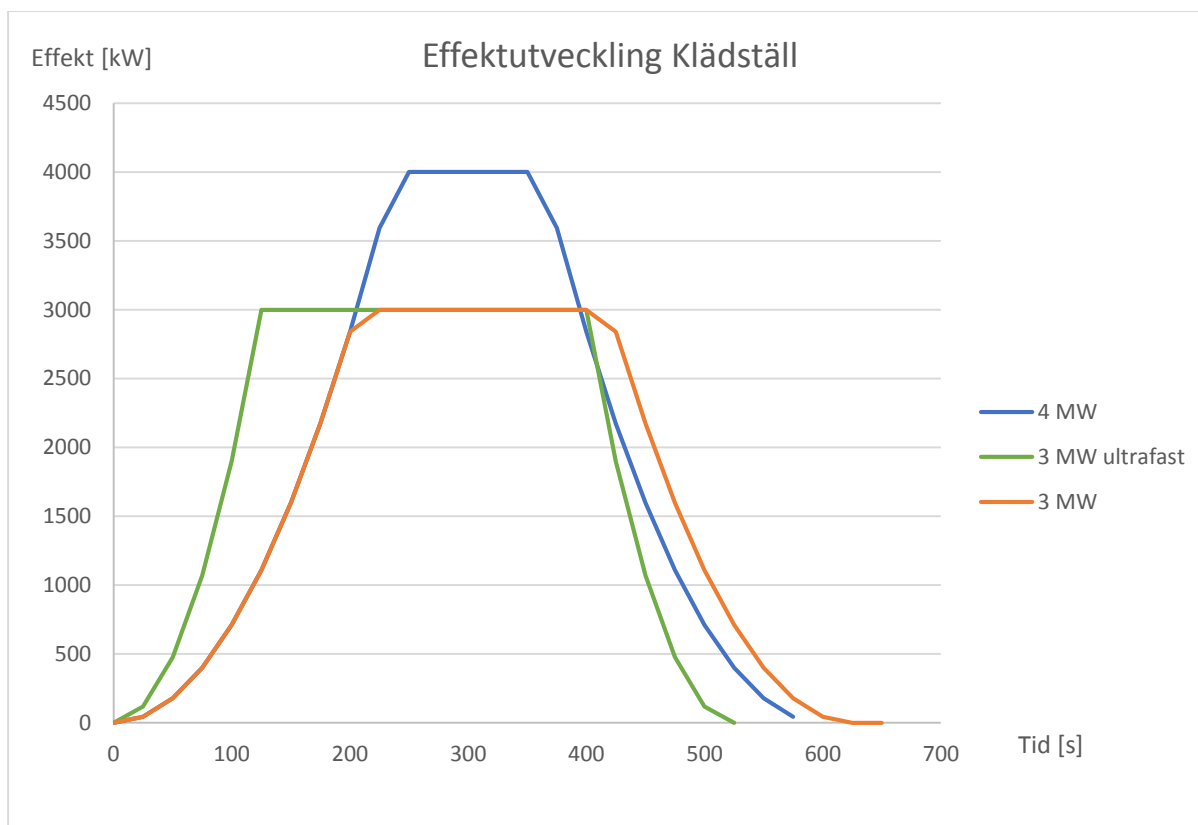
**Scenario 2B:** I detta scenario antas att det brandgasjalusi som sitter i öppningen mellan plan 1 och plan 2 inte fungerar. Detta ger en snabbare spridning till plan 2 vilket kan påverka besökarna som befinner sig där.

**Scenario 2C:** I detta scenario varieras brandens maximala effektutveckling för att undersöka hur denna påverkar tiden till kritiska förhållanden.

**Scenario 2D:** i detta scenario varieras brandens tillväxthastighet för att undersöka hur detta påverkar brandgasspridningen.

### 9.2 Effektutveckling Garderobsbrand

Effektkurvor för en klädställning med 200 jackor har tagits fram med hjälp av experiment utförda vid Lunds Universitet och Hong Kong Polytechnic University (Chow, et al., 2004). Då det funnits svårigheter i att uppskatta bland annat maxeffekten har känslighetsanalyser genomförts genom att variera maxeffekt och tillväxthastighet. Detta redovisas mer ingående i Bilaga 1 och effektkurvan för klädställningarna presenteras i Figur 9.1.



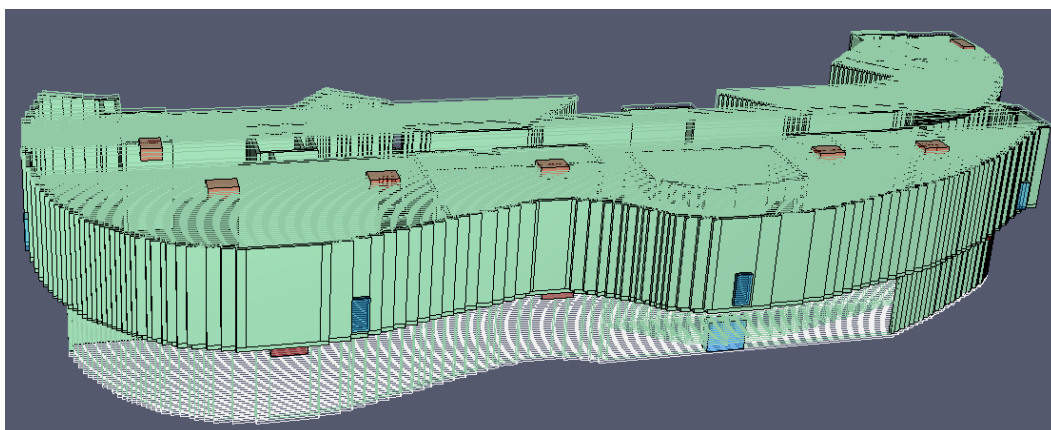
Figur 9.1. Effektutveckling för klädställningarna i garderobsbranden.

### 9.3 FDS-simulering av Garderobsbrand

Vid simuleringen av garderobsbranden i den västra foajén byggs geometrin av lokalen upp i programmet Pyrosim. En bild på geometrin presenteras i Figur 9.2. Både plan 1 och 2 måste simuleras då rökspridning kan ske upp genom trapporna. Eftersom geometrin är relativt komplicerad gjordes några förenklingar när lokalen ritades upp i programmet. Ett exempel på en förenkling som behövde göras är att alla runda och sneda väggar får ett trapputseende eftersom FDS enbart kan hantera rektangulära celler. Förenklingar i geometrin har genomförts på ett sätt som innebär att utrymmets volym bevaras. Detta för att undvika att tiden till rökfylnad ska påverkas av förenklingarna.

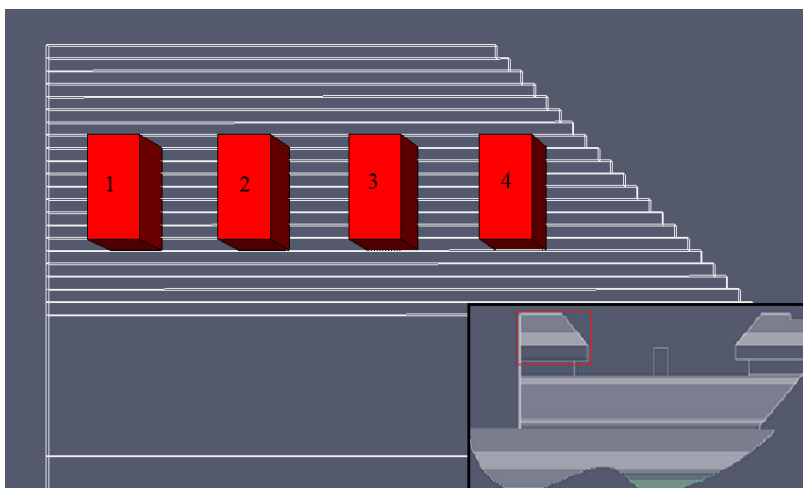
En annan förenkling som gjordes är att brandgasluckor och tilluftsluckor var öppna redan vid simuleringens start. Detta gjordes eftersom rökdetektorerna antas aktiveras snabbt och därmed aktiveras även luckorna i ett tidigt skede. Branden är också placerad långt ifrån luckorna vilket innebär att luckorna inte borde påverka branden eller rökspridningen nämnvärt i början av brandförloppet. På plan 1 finns tre stycken brandgasluckor placerade i fasaden av byggnaden och på plan 2 finns ytterligare sju stycken luckor i taket. Tilluftintag till lokalen sker dels genom dörrarna i huvudentrén och dels genom fyra stycken tilluftsluckor i fasaden på plan 2.

Cellstorleken i simuleringarna sattes till  $0,25\text{m} \times 0,25\text{m} \times 0,25\text{m}$ . Kvoten mellan den karaktäristiska branddiametern och cellstorleken hamnar då mellan 10 och 12,5 för de olika maxeffekter som simuleras. Volymen är uppdelad i åtta stycken gridnät varav det största innehåller ungefär 280 000 celler.



Figur 9.2 Västra foajén uppritad i Pyrosim.

I garderoben antas fyra stycken klädställningar med 200 jackor i varje finnas. Dessa är placerade enligt Figur 9.3. Branden börjar i klädställning 2 och sprider sig sedan till klädställning 1 och 3 samtidigt. Spridningen sker efter cirka 125 sekunder i grundscenariot och efter 75 sekunder då en snabbare tillväxthastighet används. Spridningen antas ske då strålningen från branden till närliggande klädställning är runt  $19 \text{ kW/m}^2$ . Detta kan jämföras med trä som antänder vid en strålning på  $20 \text{ kW/m}^2$ , och bomull antänder vid en högre strålningseffekt (Bengtsson, 2001). Efter ytterligare en tid sprids branden även till klädställning 4.



Figur 9.3 Klädställningarnas placering i FDS-simuleringarna

Jackorna antas bestå av 50 % bomull och 50 % polyester och produktionen av sot och kolmonoxid har bestämts så att den representerar denna blandning. Detta ger en soot-yield på 0,054 och CO-yield på 0,0675.

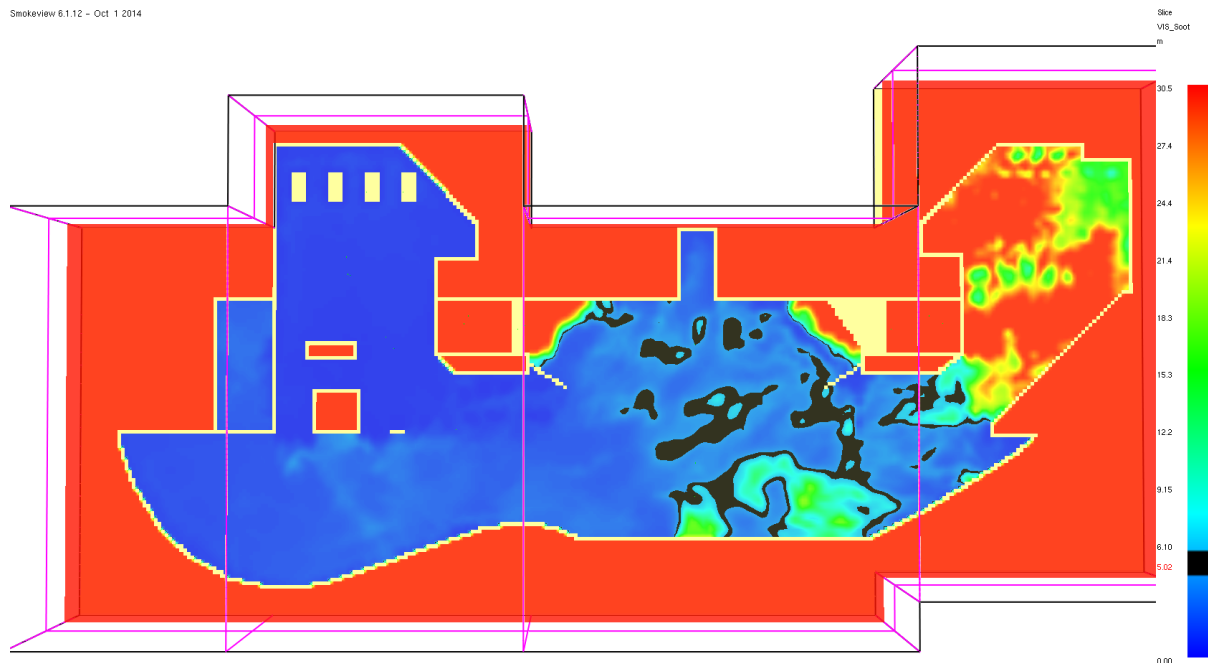
## 9.4 Resultat FDS-simulering

I detta avsnitt presenteras de resultat som kunde utläsas från FDS-simuleringar.

### 9.4.1 Grundscenario

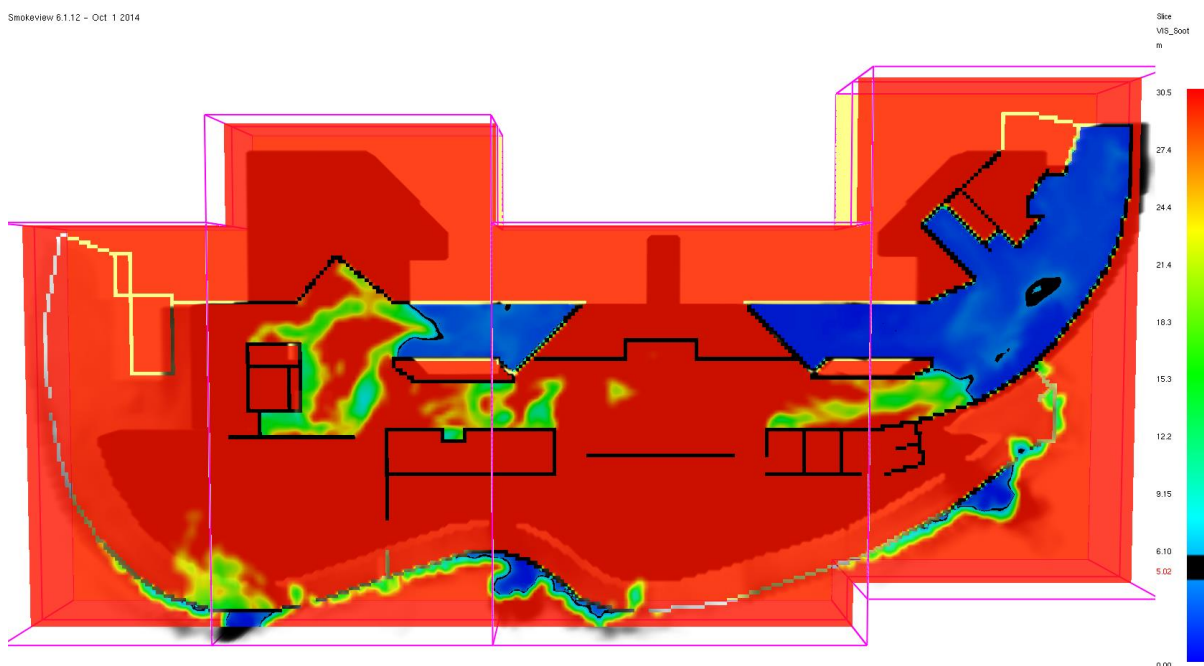
Simuleringarna visar att brandgaslagrets tjocklek och den försämrade sikten är de mest problematiska faktorerna för en säker utrymning. Temperaturen i lokalen håller sig under  $80^\circ\text{C}$  under hela det simulerade förloppet förutom i området närmast branden. I brandgaslagret är koldioxidkoncentration i luften över de gränsvärden som finns i BBRAD 3. Utrymning genom brandgaslagret kan alltså inte anses vara säker med tanke på både sikt och toxicitet.

Rök från garderobsbranden sprids snabbt i lokalen. Innertaket som finns i delar av lokalen påskyndar siktförsämringen på dessa platser. Rökspridningen sker från garderobsutrymmet där branden är placerad mot den södra delen av lokalen. Efter fem minuter är sikten i största delen av plan 1 mindre än fem meter på två meters höjd. Brandgaslagret har vid den här tiden också blivit väldigt tjockt, framförallt i norra delen av lokalen. I den södra delen av foajén ligger brandgaslagret på ungefär två meters höjd. En slice file på sikten på plan 1 vid fem minuter redovisas i Figur 9.4.



Figur 9.4 Slice file över sikten på två meters höjd i västra foajéns plan 1 vid garderobbrandsscenarioet. Bilden är tagen fem minuter efter antändning.

Drygt tre minuter efter antändning börjar röken tränga sig under det södra brandgasjalusiet och upp på plan 2. Efter ytterligare 60 sekunder tränger röken under även det norra brandgasjalusiet. Sikten på plan 2 åtta minuter efter antändning vid två meters höjd redovisas i Figur 9.5. Efter denna tidpunkt är sikten på två meters höjd relativt konstant och brandgaslagret sjunker inte under två meters höjd i resten av plan 2.



Figur 9.5 Slice file över sikten på två meters höjd i västra foajéns plan 2 vid garderobbrandsscenarioet. Bilden är tagen åtta minuter efter antändning.

#### 9.4.2 Scenario 2A

Detta scenario berör känslighetsanalys av utrymningssimulering. Därför berörs inte detta scenario i det här avsnittet.

#### 9.4.3 Scenario 2B

En simulering där brandgasjalusierna inte fungerade genomfördes också för att avgöra deras påverkan på rökspridningen. Resultatet visar att tiden tills brandgaserna börjar tränga upp för trappan är nästan exakt samma med eller utan brandgasjalusier. Detta beror på att takstrålen dyker ned när den träffar brandgasjalusiet. Utan brandgasjalusier försämras dock förhållandena på plan 2 betydligt snabbare än med fungerande brandgasjalusier. Tio minuter efter antändning är plan 2 nästintill rökfyllt utan jalusier medan brandgaslagret ligger på drygt två meters höjd vid denna tidpunkt med brandgasjalusier.

#### 9.4.4 Scenario 2C

Resultatet från de känslighetsanalyser som gjorts med större maxeffekt visar att en ökad maxeffekt endast hade en marginell påverkan på brandgasspridningen.

#### 9.4.5 Scenario 2D

Med tillväxthastigheten ultrafast blir rökspridningen något snabbare och siktförhållanden motsvarande de i Figur 9.4 uppstår ungefär 50 sekunder tidigare än med ett  $\alpha$ -värde på  $0,071 \text{ kW/s}^2$ .

### 9.5 Utrymningssimulering

I detta avsnitt presenteras scenarier för utrymningen. Avsnittet täcker grundscenario samt scenarier för känslighetsanalys.

I den aktuella lokalen finns rökdetektorer som aktiverar utrymningslarmet. Detektionstiden, och därmed också varseblivningstiden, uppskattas till 60 sekunder (Johansson, et al., 2013). I Boverkets rapport Utrymningsdimensionering anges besluts- och reaktionstiden för utrymning i ett varuhus med informativt meddelande till 60 sekunder. Detta antas gälla även för Helsingborgs Arena då det installerade utrymningslarmet är ett informativt meddelande. Total tid innan utrymning förväntas påbörjas är därför två minuter. Vid jämförelse av FDS- och Simulexsimuleringar ska därför två minuter adderas till den simulerade förflyttningstiden.

Observera att utrymningstiderna som simuleras endast ska ses som en ungefärlig utrymningstid då simuleringsprogrammen inte är en exakt avbild av verkligheten.

### 9.5.1 Grundscenario - Garderob

I detta scenario har en brand uppstått i den norra garderoben på plan 1. Utrymningsväg 25 i Figur 5.1 är blockerad av branden. Besökare befinner sig i entrén på plan 1, foajé på plan 2, arenagolvet samt till viss del även på läktare.

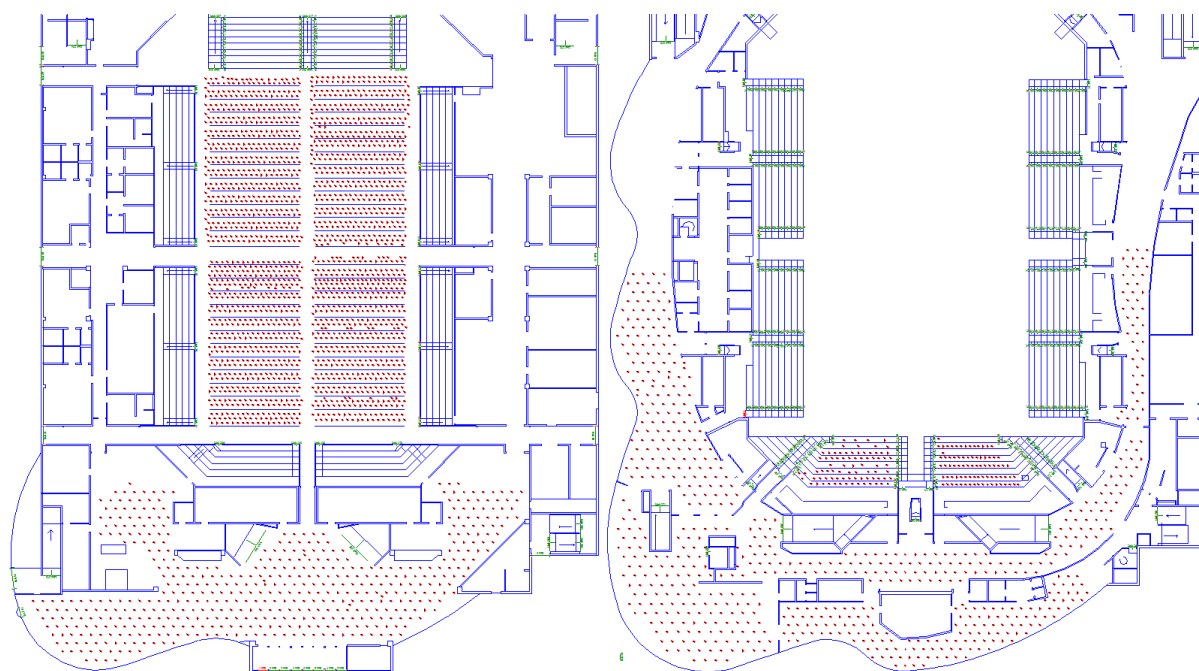
Branden antas inträffa under ett större evenemang. Simuleringen behandlar endast de besökare som kan tänkas påverkas av en eventuell brand i garderob. De som inte förväntas utsättas för brandgaser eller bidrar till trängsel hanteras inte i simuleringen.

I simuleringen antas att branden inträffar innan evenemanget har börjat alternativt under en av evenemangets pauser eftersom det vid detta tillfälle antas vara mest besökare i de värst utsatta utrymmena i arenan. Under denna tidpunkt befinner sig besökarna på arenagolvet, i huvudfoajén, foajéer på plan 2 samt till viss del på den nedre läktaren. I grundscenariot finns alla utrymningsvägar tillgängliga. Besökarna placeras i grundscenariot enligt Tabell 9.1 och Figur 9.6.

Tabell 9.1. Personuppställning vid garderobsbrand.

Utrymme	Personantal
<b>Arenagolv</b>	2 000
<b>Huvudfoajé</b>	500
<b>Plan 2</b>	655
<b>Läktare</b>	160

På plan 2 är besökarna fördelade i restaurangen, foajé utanför restaurangen och foajéer på långsidan av arenan. Endast de personer som påverkar personflödet i det brandpåverkade utrymmet finns med i simuleringen. Även ett mindre antal personer placeras på läktaren i den bakre delen av arenan då dessa kan antas välja att utrymma via huvudingången. Inga människor placeras på plan 3 då dessa förväntas välja en annan utrymningsväg än huvudingången.

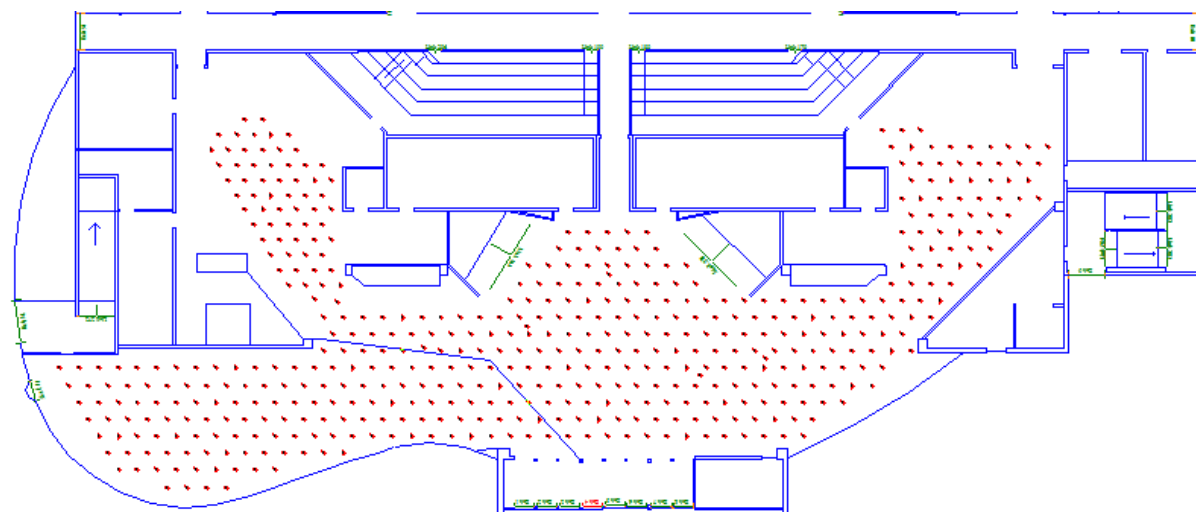


Figur 9.6. Personuppställning vid utrymningssimulering. Plan 1 till vänster och plan 2 till höger.



I simuleringen antas att de flesta besökarna söker sig till den utrymningsväg som de gick in genom, det vill säga huvudingången (Frantzich, 2001). De andra utrymningsvägarna används dock också i viss mån.

Även en simulering av endast huvudentrén genomfördes. Detta eftersom det kan förväntas att vissa besökare väljer en annan utrymningsväg än genom huvudentrén om de skulle se rökfylldheten i utrymnet. Vid denna simulering placerades 500 personer i huvudentrén. Personuppställningen för detta scenario illustreras i Figur 9.7.



Figur 9.7. Personuppställning vid simulering av endast huvudentrén.

### 9.5.2 Scenario 2A

I detta scenario antas att utrymningsväg 2 i Figur 5.1 är blockerad. Denna utrymningsväg valdes då den är viktig för utrymningen. I övrigt är scenariot likadant som grundscenariot.

### 9.5.3 Scenario 2B

I scenario 2B antas att brandgasjalusiet som ska aktiveras vid händelse av brand inte fungerar. Denna brandgasjalusi ska begränsa spridningen av brandgaser till plan 2. Då detta inte påverkar själva utrymningen gjordes inte någon utrymningssimulering av detta scenario.

### 9.5.4 Scenario 2C

Scenario 2C hanterar endast brandens effekt. Detta påverkar inte själva utrymningssimuleringen varför det inte gjordes någon extra simulering för detta scenario.

### 9.5.5 Scenario 2D

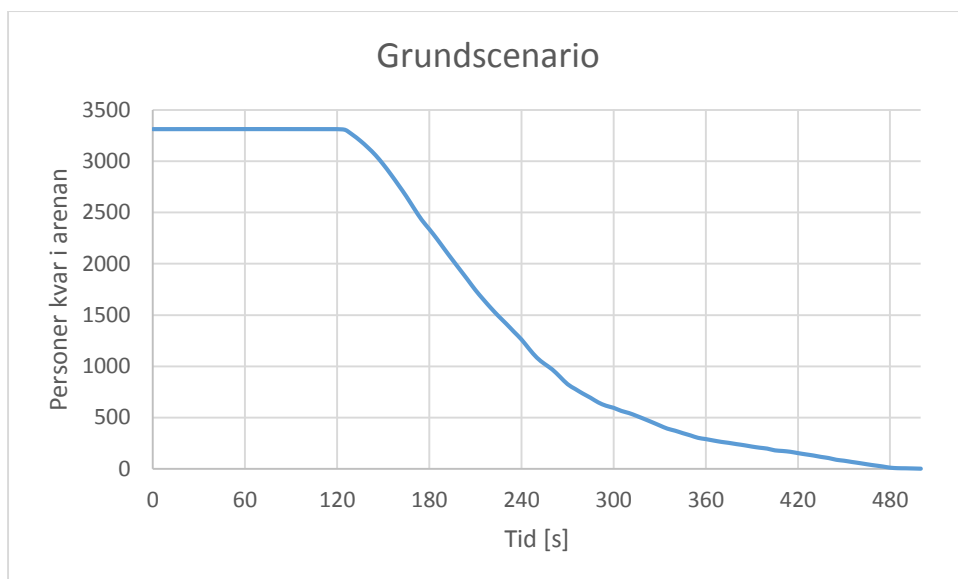
Scenario 2D hanterar endast brandens tillväxthastighet. Detta påverkar inte själva utrymningssimuleringen varför det inte gjordes någon extra simulering för detta scenario.

### 9.5.6 Resultat

I detta avsnitt presenteras de resultat som uppnåts efter simuleringar i Simulex. Resultatet presenteras i programmet som förflyttningstid. Simulex ger oss alltså inte total utrymningstid. För att beräkna den totala utrymningstiden måste varseblivningstid samt besluts- och reaktionstid adderas till simuleringensresultaten.

#### 9.5.6.1 Grundscenario

I Figur 9.8 presenteras hur många personer som är kvar i arenan vid olika tidpunkter för grundscenariot. Även Tabell 9.2 och Tabell 9.3 ger relevant information om vad som händer under utrymningen.



Figur 9.8. Antalet personer som är kvar i arenan över tiden vid grundscenariot. Under de första två minuterna utrymmer ingen då denna tid går åt till varseblivningstid samt besluts- och reaktionstid.

Tabell 9.2 Tidssteg i utrymningssimulering av grundscenario och scenario 2A

Händelse	Tid [s]
<b>Varseblivningstid</b>	60
<b>Besluts- och reaktionstid</b>	60
<b>Förflyttningstid</b>	378
<b>Total utrymningstid</b>	498

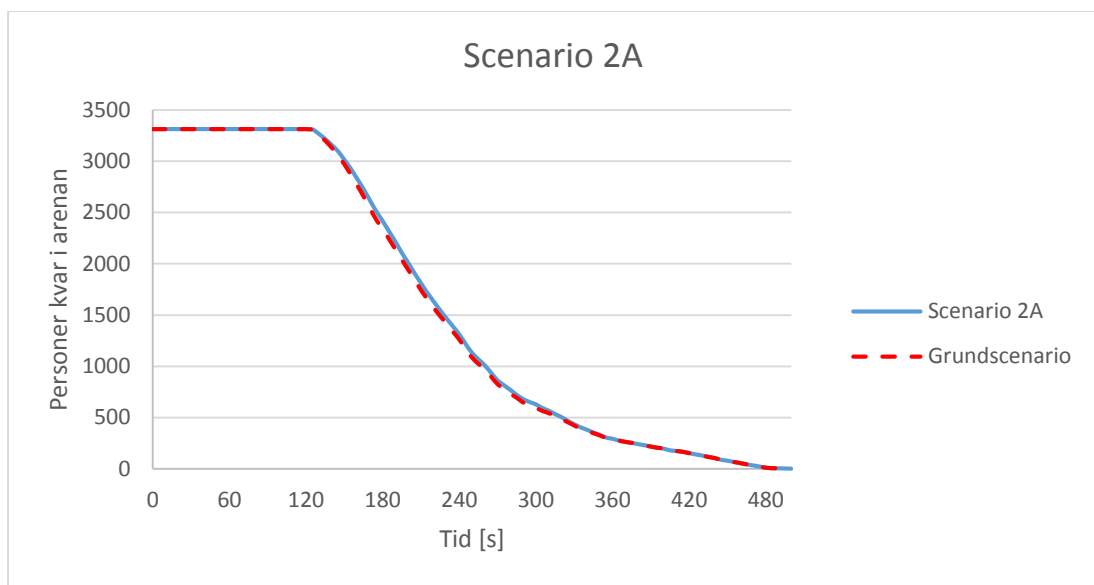
Tabell 9.3. Viktiga händelser vid utrymning av grundscenariot.

Händelse	Tid [s]
<b>Besökarna börjar utrymma</b>	120
<b>De första besökarna lämnar byggnaden</b>	123
<b>Besökarna som initialt befann sig i huvudentrén har utrymt</b>	173
<b>Plan 2 tomt från besökare</b>	277
<b>Trappor från plan 2 tomma från besökare</b>	328
<b>Arenagolvet tomt från besökare</b>	450
<b>Arenan utrymd</b>	498

Även handberäkningar har genomförts för grundscenariot, dessa presenteras i Bilaga 4. För en person som utrymmer från borte delen av arenagolvet ner genom huvudfoajén beräknas det ta 462 sekunder, vilket är 36 sekunder snabbare än simulerad tid. Resultatet diskuteras i diskussionsavsnittet.

#### 9.5.6.2 Scenario 2A

I Figur 9.9 presenteras hur många personer som är kvar i arenan vid olika tidpunkter för grundscenariot. Även Tabell 9.4 ger relevant information om vad som händer under utrymningen.



Figur 9.9. Antalet personer som är kvar i arenan över tiden vid scenario 2A. Under de första två minuterna utrymmer ingen då denna tid går åt till varseblivningstid samt besluts- och reaktionstid. Som jämförelse presenteras grundscenariot som en streckad linje.

Eftersom det är samma grupp personer som utrymmer sist i både grundscenariot och scenario 2A blir den totala utrymningstiden lika lång i båda scenarierna.

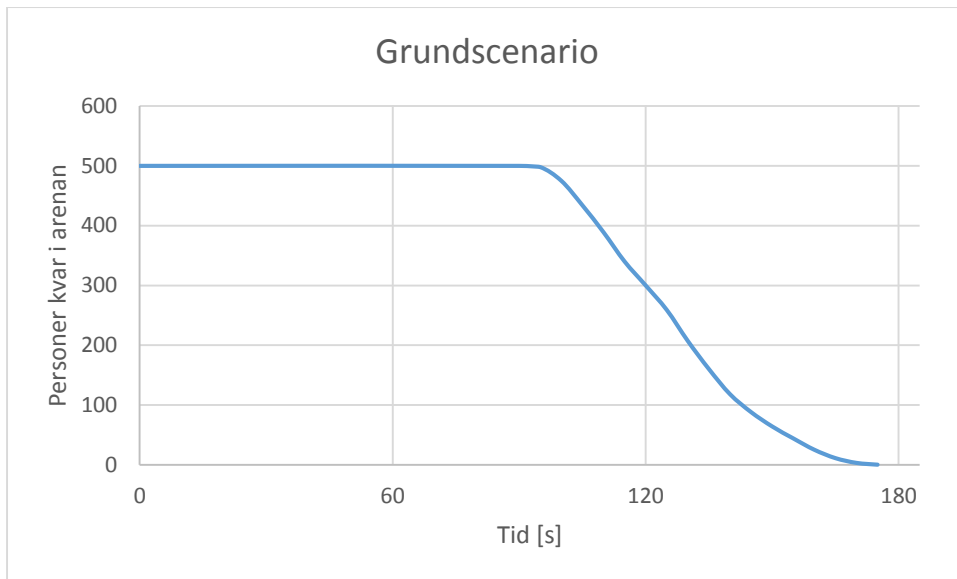
Tabell 9.4. Viktiga händelser vid utrymning av Scenario 2A.

Händelse	Tid [s]
<b>Besökarna börjar utrymma</b>	120
<b>De första besökarna lämnar byggnaden</b>	125
<b>Besökarna som initialt befann sig i huvudentrén har utrymt</b>	184
<b>Plan 2 tomt från besökare</b>	278
<b>Trappor från plan 2 tomma från besökare</b>	331
<b>Arenagolvet tomt från besökare</b>	450
<b>Arenan utrymd</b>	498

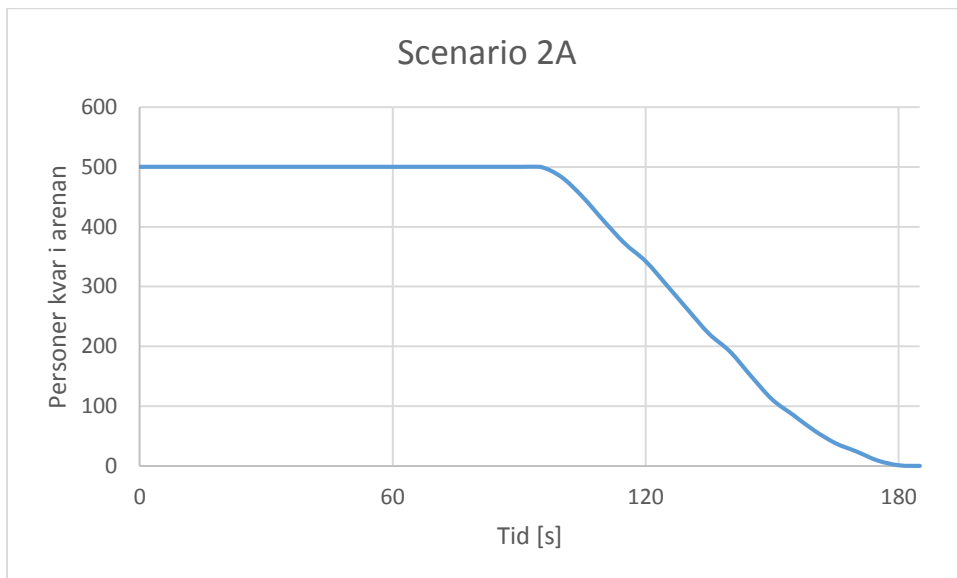
Eftersom det var samma grupp personer som sist utrymde arenan i båda scenarierna kan samma handberäkningar användas för scenario 2A som för grundscenariot.

### 9.5.6.3 Simulering av huvudentré

Resultatet av simuleringarna av grundscenariot och scenario 2A visade ingen skillnad i total förflyttningstid. Känslighetsanalysen genomförs därför i form av ett scenario som endast behandlade de personer som initialt befann sig i huvudentrén. I detta fall förväntas varseblivningstiden vara kortare än de 60 sekunder som det tar för detektionssystemet att aktivera. En varseblivningstid på 30 sekunder antas i detta fall. Detta eftersom personerna i utrymmet förväntas se branden och varna de andra besökarna i utrymmet.



Figur 9.10. Antalet personer som är kvar i huvudentrén över tiden vid simulering av grundscenariot. Under de första 90 sekunderna utrymmer ingen då denna tid går åt till varseblivningstid samt besluts- och reaktionstid



Figur 9.11. Antalet personer som är kvar i huvudentrén över tiden vid simulering av Scenario 2A. Under de första 90 sekunderna utrymmer ingen då denna tid går åt till varseblivningstid samt besluts- och reaktionstid

Efter simulering av endast huvudentrén blev skillnaden i förflyttningstid mellan grundscenariot och scenario 2A tio sekunder. I grundscenariot utrymdes huvudentrén på två minuter och 55 sekunder som jämförs med tre minuter och fem sekunder i scenario 2A. Visualisering av detta kan observeras i Bilaga . De som befinner sig i huvudentrén hinner ut ur byggnaden innan kritiska förhållanden har infunnit sig.

I Bilaga 5 presenteras bilder från simuleringen. Bilder presenteras varje minut för att personflödet ska kunna följas.

## 9.6 Sammanvägning av simuleringsresultat

I detta avsnitt presenteras en jämförelse mellan FDS-simuleringar och simuleringar av utrymning i Simulex.

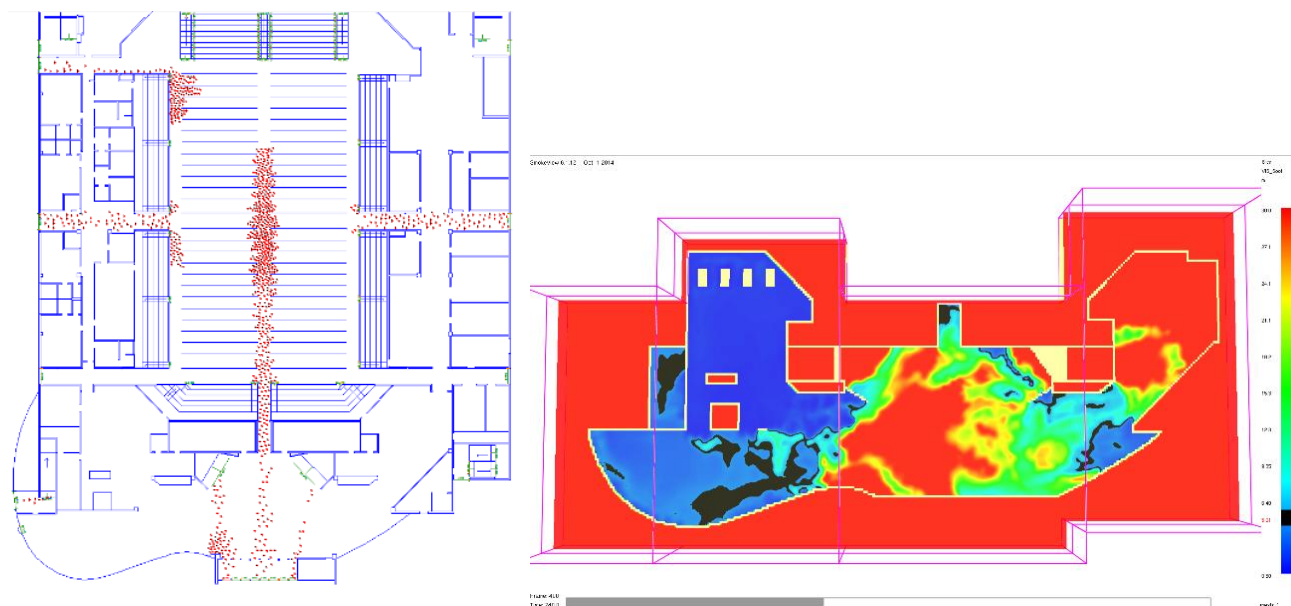
### 9.6.1 Grundscenario

Vid FDS-simulering uppskattas tiden till brandgasspridning via trappor i huvudentrén upp till plan 2. De brandgasjalusier som finns vid trapporna ligger på 2,1 meters höjd över golvet varför detta används som kritiska förhållanden. Det går också att se i Figur 9.4 att huvudfoajén är rökfylld efter fem minuter. Vid denna tidpunkt finns det enligt Figur 9.8 fortfarande lite mer än 500 besökare kvar i arenan som kan förväntas utsättas för dessa brandgaser. Efter ungefär fyra minuter börjar röken spridas upp genom trappan till plan 2. Vid denna tidpunkt finns det kvar besökare både på plan 2 och på arengolvet vilket kan observeras i Bilaga 5, avsnitt 18.5.1. Det finns i huvudsimuleringen också kvar besökare i huvudentrén. Vid denna tidpunkt förväntas besökare som är på väg ut genom huvudentrén vända och därmed ta en annan utrymningsväg.

Vid simulering av endast huvudentrén kan vi se i Figur 9.10 att alla personer som initialt befann sig i huvudentrén hinner ut innan brandgaslagret sjunker till 2,1 meters höjd som brandgasjalusierna befinner sig på. Dessa besökare förväntas hinna utrymma arenan innan de blir exponerade för kritiska förhållanden av branden.

Vid jämförelse av FDS- och Simulex-simuleringar kan det fastslås att alla besökare inte hinner ut ur arenan innan kritiska förhållanden infinner sig i huvudentrén.

I Bilaga 5 redovisas bilder från simuleringarna vid motsvarande tider för lätt jämförelse. Ett utdrag ur Bilaga 5 redovisas i Figur 9.12 för att ge förståelse för brandens och utrymningens utseende.



Figur 9.12 Utdrag från bilaga 5. Jämförelse mellan simuleringar.

### **9.6.2 Scenario 2A**

I detta scenario observerades ingen större skillnad från grundscenariot. För huvudsimuleringen av hela arenan är det ingen skillnad i total utrymningstid. Detta eftersom det är samma grupp av personer som är sist ut ur byggnaden nämligen de som initialt befann sig på arenagolvet.

För simuleringen av endast huvudentrén fastslås en skillnad i utrymningstid på ungefär tio sekunder mellan grundscenariot och scenario 2A. Detta är ingen stor skillnad och det kan också fastslås att alla personer som initialt befinner sig i huvudentrén hinner ut innan kritiska förhållanden uppnås.

Det kan alltså även i detta scenario fastslås att alla besökare inte hinner ut ur byggnaden innan kritiska förhållanden infinner sig i huvudentrén.

### **9.6.3 Scenario 2B**

Vid FDS-simuleringen i scenariot där brandgasjalusierna mellan planen inte fungerade observerades att brandgaserna tränger upp från plan 1 till plan 2 vid samma tidpunkt som för grundscenariot. Skillnaden mellan scenarierna var att förhållandena på plan 2 försämrades snabbare då brandgasjalusierna inte fungerar. Vid tidpunkten för brandgasspridning till plan 2, ungefär tre minuter för den södra trappan och fyra minuter för den norra, finns det fortfarande kvar mellan 550-1 250 personer i arenan vid de respektive tidpunkterna enligt Figur 9.8.

Det kan också observeras i simuleringen (se Bilaga 5, avsnitt 18.5.2) att det vid denna tidpunkt fortfarande befinner sig besökare på plan 2 då brandgaser sprids mellan planen. Viktigt att uppmärksamma att utrymningssimuleringen endast behandlar förflyttningstid.

Det fastslås att det vid dessa tidpunkter finns relativt många besökare kvar på plan 2. Det dröjer dock ungefär fem minuter från antändningstidpunkten tills sikten är fem meter i den sydliga delen av plan 2 och ännu längre tid innan dessa förhållanden infinner sig i den norra delen. Vid denna tidpunkt är plan 2 utrymt vilket kan observeras i Bilaga 5 avsnitt 18.5.2 observera att tiden som används vid fem minuter är tre minuter i utrymningssimuleringen. Det kan dock antas att besökare på plan 2 i viss mån kan påverkas av de brandgaser som sprids upp via trappen.

Även i detta fall kan det fastslås att alla besökare inte hinner utrymma arenan innan kritiska förhållanden uppnås i huvudfoajén.

### **9.6.4 Scenario 2C**

I detta scenario visade det sig att en ökad maxeffekt endast hade en marginell påverkan på brandgasspridningen.

Även i detta fall kan det fastslås att alla besökare inte hinner utrymma arenan innan kritiska förhållanden uppnås i huvudfoajén.

### **9.6.5 Scenario 2D**

En snabbare tillväxthastighet hade en större påverkan och kritiska förhållanden uppnåddes tidigare i detta fall. Detta påverkar utrymningen då det efter drygt fyra minuter uppkommer förhållanden likt Figur 9.4. Vid denna tidpunkt finns det ungefär 1 000 besökare kvar i arenan. Det finns vid denna tidpunkt besökare i huvudfoajén, arenahallen och plan 2 och det kan därför antas att många av dessa kommer att påverkas av kritiska förhållanden från branden.

Även i detta fall kan det fastslås att alla besökare inte hinner utrymma arenan innan kritiska förhållanden uppnås i huvudfoajén.

## 10 Scenario 3 - Kioskbrand

I arenan finns det fyra kiosker på plan 2. Dessa ligger i anslutning till foajéerna som är väg till utrymningsväg. Ett scenario med en brand i den nordvästra kiosken (se figur Figur 10.1) anses påverka utrymningen mest negativt och därför undersöks detta scenario närmare. Brännbart material uppskattas vara interiör och diverse livsmedel samt förpackningar till dessa.



Figur 10.1 Bild på foajén utanför den nordvästra kiosken.

### 10.1 Känslighetsanalys

Som känslighetsanalys för kioskbranden delades scenariot in i ett grundscenario samt två delscenarier som förklaras nedan.

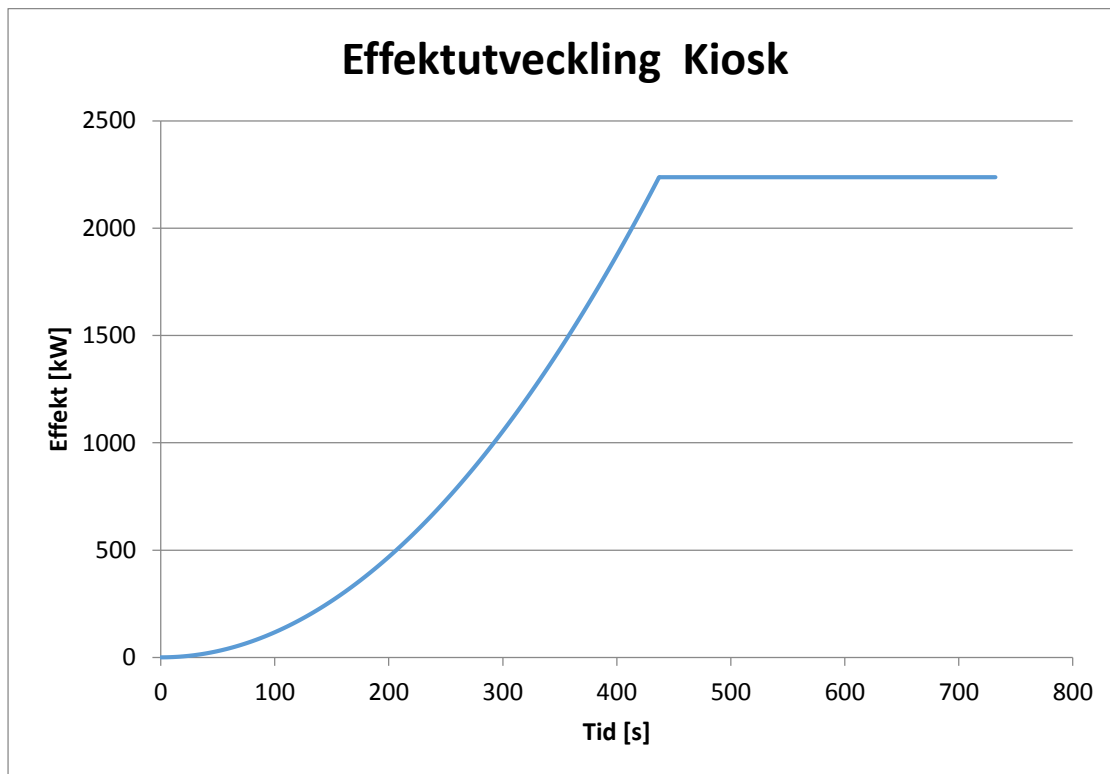
**Grundscenario:** Alla utrymningsvägar är tillgängliga. Branden startar i den nordvästra kiosken på plan 2.

**Scenario 3A:** I detta scenario ökas brandens maxeffekt med 50 %. Alla utrymningsvägar är tillgängliga.

**Scenario 3B:** I detta scenario ändras brandens tillväxthastighet från medium till fast. Alla utrymningsvägar är tillgängliga.

## 10.2 Effektutveckling Kioskbrand

En effektkurva för scenariot med en kioskbrand på plan 2 har tagits fram i Bilag. Denna redovisas i Figur 10.2. Maxeffekten är 2,25 MW.

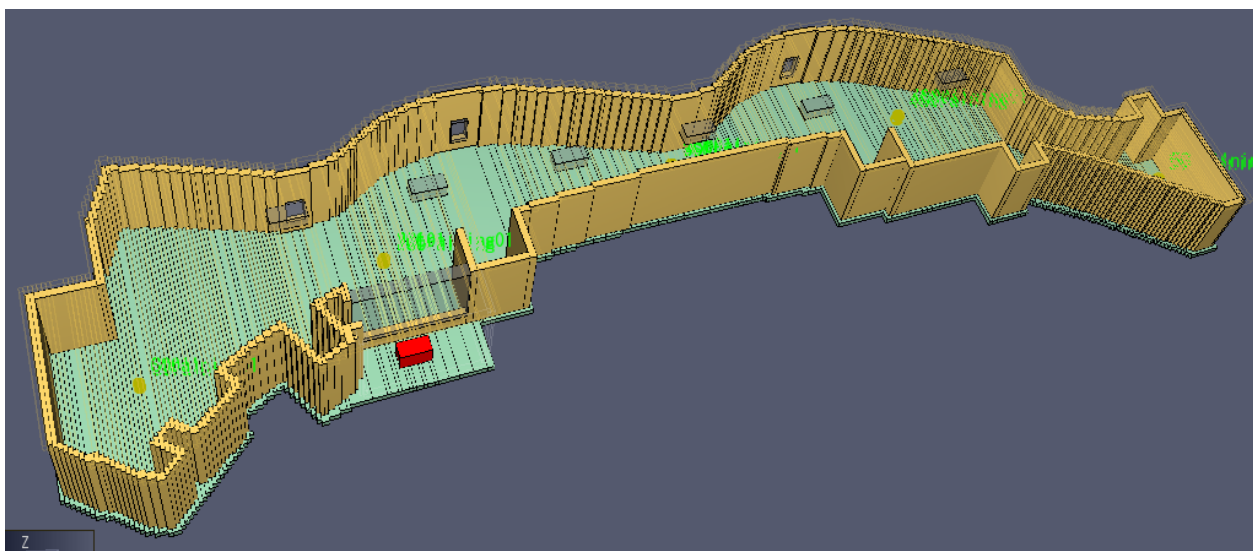


Figur 10.2 Effektutveckling över tid för scenariot med kioskbrand.

## 10.3 FDS-simulering av Kioskbrand

För FDS-simuleringen av kioskbranden i norra foajén har geometrin ritats upp i Pyrosim (se Figur 10.3). Branden är placerad i utrymmet i den västra delen. Lokalen har totalt sex stycken rökluckor i taket på 2 m<sup>2</sup> vardera och tilluftsöppningar på sammanlagt 6 m<sup>2</sup> i fasaden. Förenklingar som gjorts är bland annat att geometrin illustreras i form av rätblock, då programmet inte kan simulera cirkulära former. Volymen i lokalen är dock bevarad. En annan förenkling är att tilluftsöppningar och rökluckor är öppna under hela simuleringsförloppet. Hallen är uppdelad i 6 gridnät med en cellstorlek på 20 cm i samtliga, detta ger ett  $D^*/dx$  på 6,63. I simuleringen används en soot-yield på 0,015 och en CO-yield på 0,004, då det mesta som brinner antas vara av trä och papp (Society of Fire Safety, 2012).





Figur 10.3 Norra foajén uppritad i Pyrosim.

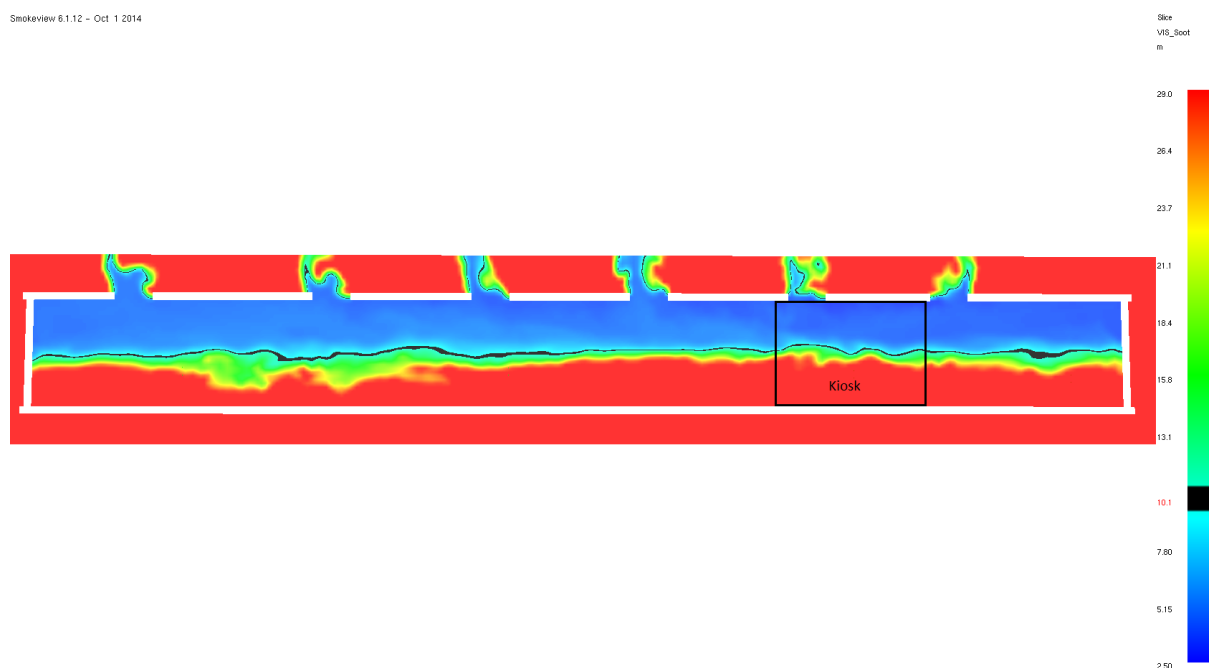
### 10.3.1 Resultat FDS-simulering

I detta avsnitt presenteras resultat från FDS-simuleringar som genomförs.

#### 10.3.1.1 Grundscenario

I simuleringen av kioskbranden så är det främst sikten som granskas när det kommer till kritisk påverkan av utrymningssäkerhet. Temperatur, kolmonoxidhalt, koldioxidhalt, syrehalt och strålning mättes också, men låg inte i närheten av de kritiska halterna som föreslagits i BBRAD 3.

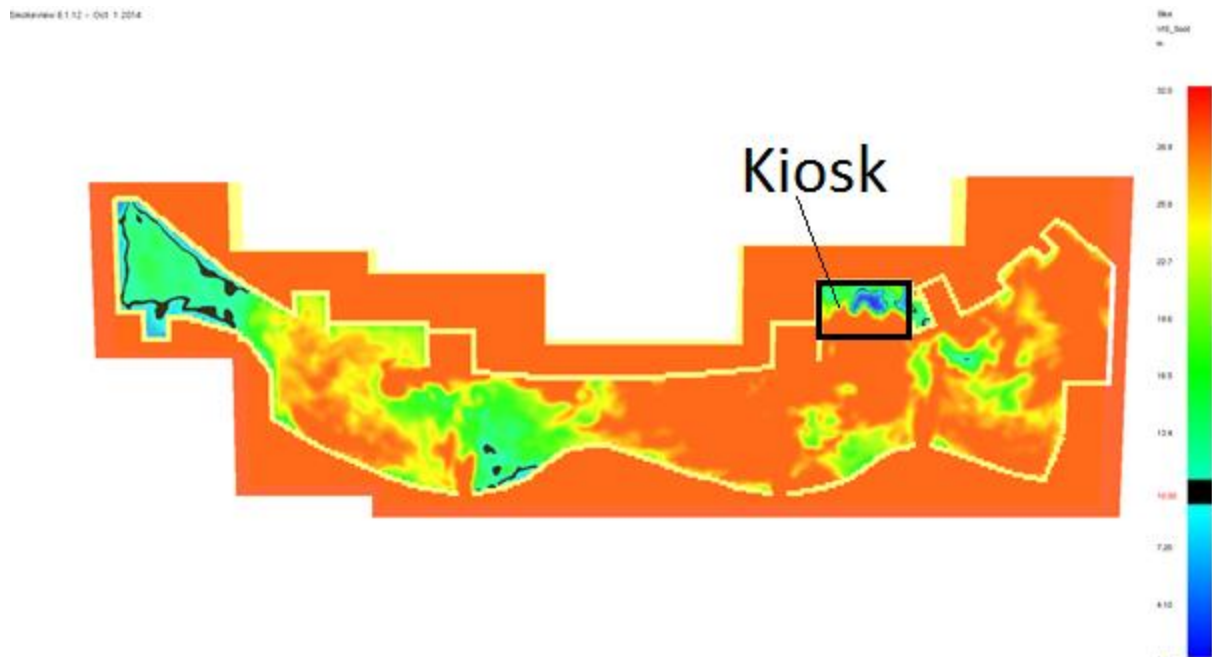
Smokeview 6.1.12 - Oct 1 2014



Figur 10.4 Sikt i norra foajén 10 minuter efter antändning. Över den svarta markeringen är sikten kortare än 10 meter.

Figur 10.4 visar en slice file från sidan över sikten i den norra foajén, där kiosken är belägen. En sikt på under 10 meter uppstår i den nedre delen av brandgaslagret först efter 10 minuter. Detta är på en höjd strax över 2 meter och anses inte vara ett problem i utrymningssammanhang. En sikt på 5 meter undersöks också, då det förväntas uppstå köbildning vid samtliga utrymningsvägar. Dock uppmäts aldrig denna sikt på 2 meters höjd under simuleringstiden.

Figur 10.5 visar att den borte delen av foajén är platsen där sikten kommer att försämrast först, vilket troligen har med tilluftens påverkan att göra samt att takstrålen dyker ned när den träffar väggen.



Figur 10.5 Sikt i norra foajén 10 minuter efter antändning på två meters höjd. I de svarta områdena är sikten 10 meter.

Känslighetsanalyser har genomförts för att undersöka maxeffektens och tillväxthastighetens påverkan.

#### 10.3.1.2 Scenario 3A

Maxeffektens påverkan undersöktes genom att en simulering gjordes med en 50 % större maxeffekt än grundscenariot. Resultatet visar att brandgaslagret blir marginellt varmare men temperaturen anses fortfarande inte utgöra ett problem för utrymningen. Ingen påtaglig skillnad kan uttydas på brandgasspridningen.

#### 10.3.1.3 Scenario 3B

En snabbare brandgasspridning uppnåddes däremot när branden simulerades med tillväxthastigheten fast. Brandgaslagret håller sig dock fortfarande till största del på en nivå över två meters höjd vilket innebär att sikten på två meters höjd aldrig blir kortare än den kritiska sikt längden på 5 meter.

## 10.4 Utrymningssimulering

I detta avsnitt presenteras scenarier för utrymningen. Avsnittet täcker grundscenariot samt scenarier för känslighetsanalys.

Vid simulering av scenario 3 har en del förenklingar gjorts. Inga personer befinner sig i kontorsdelen eller idrottshallarna då dessa inte anses påverka utrymningen.

Varseblivningstid och besluts- och reaktionstid uppskattas på samma sätt som för garderobsbrandscenariot till 60 sekunder vardera.

Observera att utrymningstiderna som simuleras endast ska ses som en ungefärlig utrymningstid då simuleringsprogrammen inte är en exakt avbild av verkligheten.

### 10.4.1 Grundscenariot - Kiosk

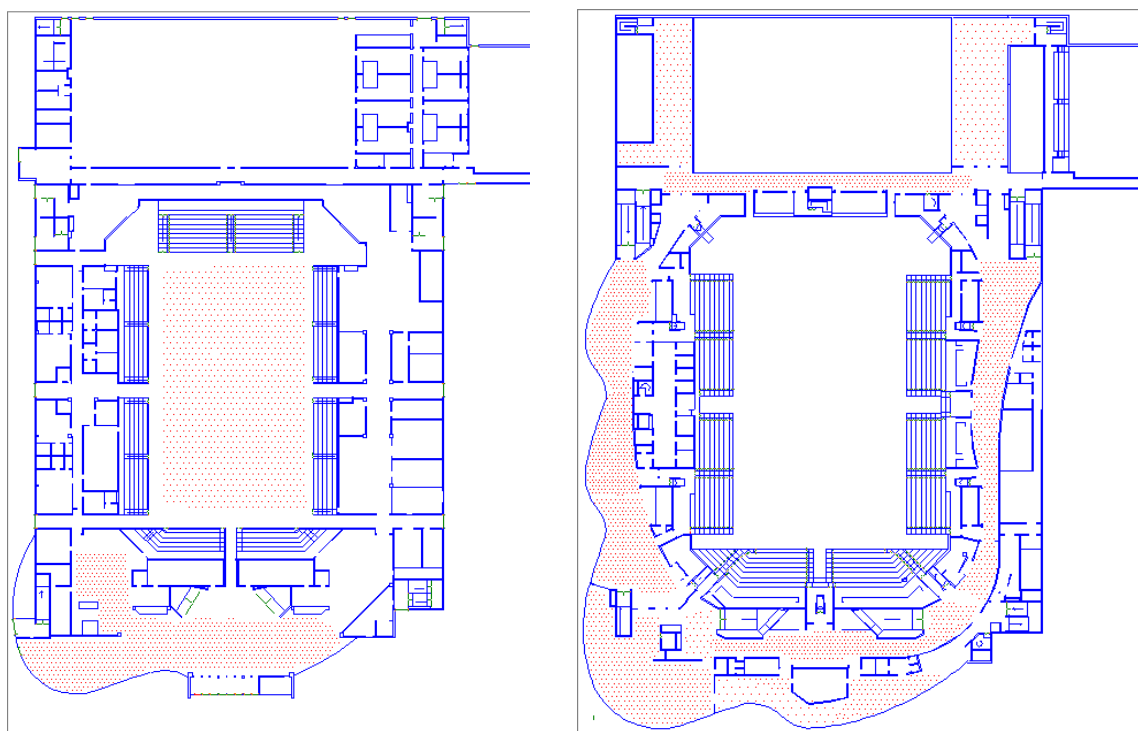
En brand startar i nordvästra kiosken på plan 2 under ett eventuellt utställningsevenemang. Branden uppstår då elektrisk utrustning såsom stekbord, mikrovågsugn eller liknande i kiosken fallerar. Branden sprids till interiör och livsmedel. Som synes i Figur 10.2 når branden maxeffekt på 2,25 MW

efter cirka 430 sekunder. I grundscenariot är alla utrymningsvägar tillgängliga. Totalt antal besökare för detta scenario är 5000 och dessa befinner sig i alla foajéer samt på arenagolvet (se Tabell 10.1 samt Figur 10.6).

Tabell 10.1 Personfördelning för scenario 3.

<b>Huvudentré</b>	<b>1000</b>
<b>Arenagolv</b>	1000
<b>Västra foajé</b>	980
<b>Östra foajé</b>	315
<b>Norra foajé</b>	900
<b>Södra foajé</b>	500
<b>Reservfoajé norr</b>	155
<b>Reservfoajé</b>	150

De som främst berörs av branden är de personer som befinner sig i den norra foajén. Det bedöms att en del besökare från norra foajén kommer att utrymma via huvudentrén på plan 1.



Figur 10.6 Personuppställning plan 1 och 2.

#### 10.4.2 Scenario 3A

I detta scenario ökas effekten på branden med 50 % till 3,375 MW. Samtliga utrymningsvägar är tillgängliga. Personuppställningen är samma som i grundscenariot.

#### 10.4.3 Scenario 3B

I detta scenario ändras brandens tillväxthastighet från medium till fast. Samtliga utrymningsvägar är tillgängliga. Personuppställningen är samma som i grundscenariot.

#### 10.4.4 Resultat

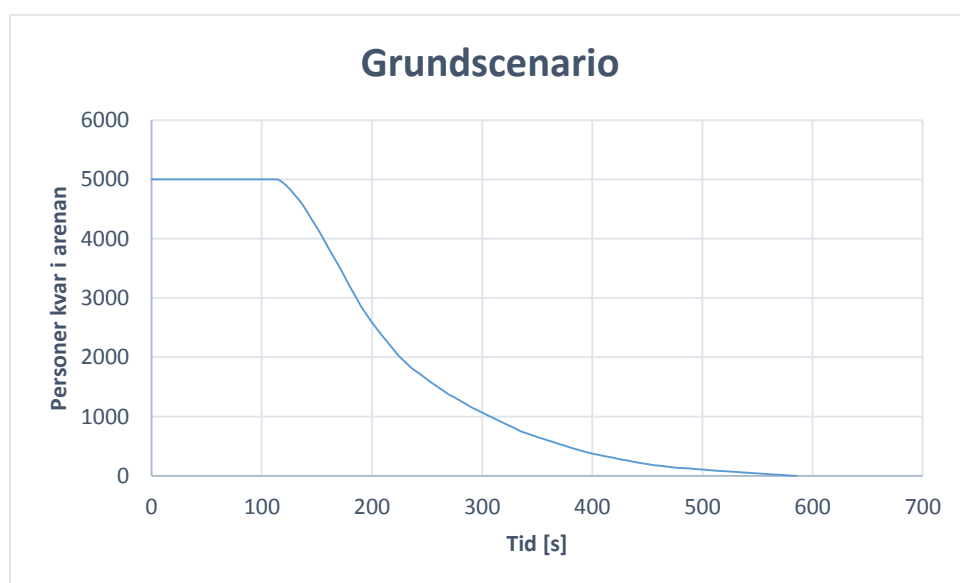
Nedan beskrivs resultat från Simulex-simuleringar för kioskbranden.

#### 10.4.4.1 Grundscenario

Alla utrymningsvägar är tillgängliga i detta scenario. På arenagolvet fördelar sig besökarna relativt jämt över utrymningsvägarna. Besökare i entrén utrymmer via utgång 1, 2 och 4 (se Figur 5.1). Besökare i västra foajén utrymmer via trapphus 41, 42 och 44 (se Figur 5.2). Bilder över simuleringsförloppet redovisas i bilaga 5. De personer som är närmast branden befinner sig i den västra delen av den norra foajén. Händelser som berör dessa besökare redovisas i Tabell 10.2. Tiderna är endast förflyttningstider.

Tabell 10.2. Förflyttningstider för kioskbrand- grundscenario.

Händelse	Tid [s]
<b>Utrymningen startar. Besökare går mot utrymningsvägar [37], [38], [41].</b>	0
<b>Besökare som utrymmer mot trapphus [41] har lämnat den branddrabbade brandcellen.</b>	100
<b>Besökare som utrymmer via trapphus [38] befinner sig i trapphuset</b>	119
<b>Besökare som utrymmer via trapphus [38] har lämnat byggnaden via utgång [3]</b>	170
<b>Besökare som utrymmer via trapphus [37] befinner sig i trapphuset</b>	420
<b>Besökare som utrymmer via trapphus [37] har lämnat byggnaden via utgång [8]</b>	473
<b>Samtliga besökare har lämnat byggnaden</b>	473



Figur 10.7 Antal personer som är kvar i arenan över tid för grundscenario 3.

I Figur 10.7 visas hur många personer som befinner sig i arenan efter en viss tid. De första 120 sekunderna motsvarar varseblivningstid samt besluts- och reaktionstid.

Tabell 10.3. Tidsteg i utrymningssimulering av grundscenariot.

Händelse	Tid [s]
<b>Varseblivningstid</b>	60
<b>Beslut- och reaktionstid</b>	60
<b>Förflyttningstid</b>	473

Handberäkningar har gjorts för grundscenariot, dessa presenteras i Bilaga 4. För en person som utrymmer från bortre delen av foajén mot trapphus 38 beräknas det ta 177 sekunder, vilket är 77 sekunder långsammare än simulerad tid. Resultatet diskuteras i diskussionsavsnittet.

#### 10.4.5 Scenario 3A

Utrymningstiderna för scenario 3A är samma som för grundscenariot då personuppställning samt tillgängliga utgångar är lika.

#### 10.4.6 Scenario 3B

Utrymningstiderna för scenario 3B är samma som för grundscenariot då personuppställning samt tillgängliga utgångar är lika.

### 10.5 Sammanvägning av simuleringsresultat

I detta avsnitt presenteras en jämförelse mellan FDS-simuleringar och simuleringar av utrymning i Simulex.

#### 10.5.1 Grundscenariot

I utrymningssimuleringen tar det längst tid att utrymma för de personer som befinner sig i den norra foajén och som utrymmer via det nordöstra trapphuset (passage 37, se Figur 5.2). Medräknat varseblivningstid samt besluts- och reaktionstid är besökarna ute ur den branddrabbade brandcellen efter knappt tio minuter. Resultaten från FDS-simuleringarna visar att sikten vid det trapphuset efter tiden tio minuter är ungefär tio meter. De sämsta förhållandena uppstår just i denna del av foajén. Kritiska förhållanden uppnås inte innan alla personer har utrymt.

I Bilaga 5 redovisas bilder från simuleringarna vid motsvarande tider för lätt jämförelse. Ett utdrag ur Bilaga 5 redovisas i Figur 10.8 för att ge förståelse för brandens och utrymningens utseende.



Figur 10.8 Utdrag från bilaga 5. Jämförelse mellan simuleringar.

### **10.5.2 Scenario 3A**

Utrymningstiden är samma som i grundscenariot. Resultatet från FDS visar att en högre brandeffekt endast påverkar brandgastemperaturen marginellt. Brandgaslagret håller sig på samma höjd. Alla besökare hinner utrymma innan kritiska förhållanden uppnås.

### **10.5.3 Scenario 3B**

Utrymningstiden är samma som i grundscenariot. Resultatet från FDS visar att en snabbare tillväxthastighet ger en snabbare brandgasspridning. Brandgaslagrets höjd är ungefär samma som för grundscenariot. Alla besökare hinner utrymma innan kritiska förhållanden uppnås.

## 11 Resultatsammanfattning

Efter analys och jämförelse mellan FDS- och Simulexsimuleringar för de tre utvalda scenariokategorierna kan slutsatsen dras att både scenariot med scenbranden med tillhörande känslighetsanalys och scenariot med kioskbrand med känslighetsanalys inte utgör en större fara för besökarna i arenan. För samtliga scenarier i dessa två kategorier hinner alla besökare ut ur arenan innan kritiska förhållanden infinner sig i respektive utrymme.

För scenarierna med garderobsbranden visar resultaten på mer allvarliga konsekvenser för besökarna. I denna scenariokategori hinner inte alla besökare utrymma arenan innan kritiska förhållanden infinner sig i huvudentrén som i detta fall används som huvudsaklig utrymningsväg. I såväl grundscenario som scenarier för känslighetsanalys finns det flertalet besökare kvar i arenan när kritiska förhållanden infinner sig. En viss diskussion angående val av utrymningsväg för de besökare som är sist ut ur arenan förs dock i kapitel 15.

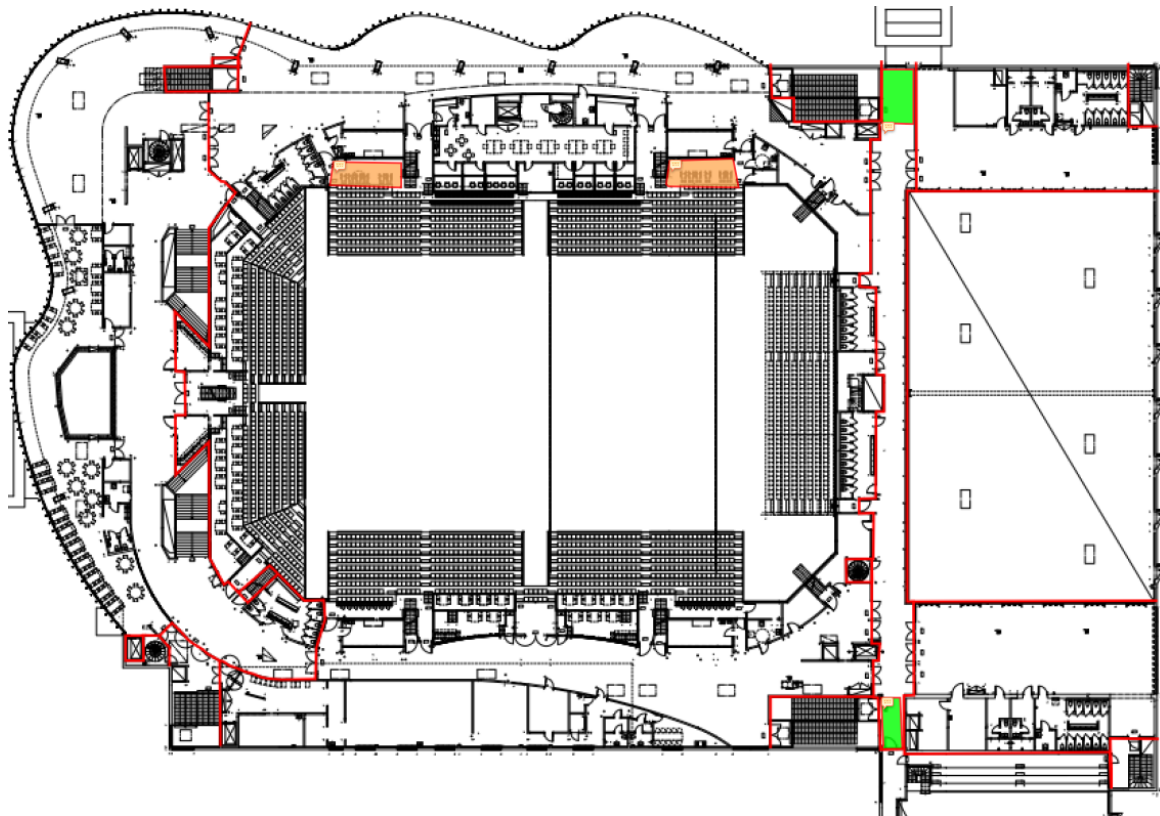
Det kan sammanfattningsvis konstateras att arenan idag har ett bra brandskydd i huvudsak men att skyddet bör utökas i huvudfoajén för att kunna förbättra förhållandena vid en eventuell garderobsbrand vid ett större evenemang. Förslag på åtgärder följer i kapitel 13.





## 12 Utrymning av rullstolsburna

Utrymning av rullstolsburna i Helsingborg Arena är en del i brandskyddet som kritiserats av den lokala räddningstjänsten. De rullstolsburna besökarna har idag reserverade platser ovanför arenans läktare på plan 2, området är markerat med orange i Figur 12.1. Det finns även ett antal reserverade platser vid arenagolvet, men härifrån förväntas utrymning kunna ske utan problem.



Figur 12.1. Plan 2 i arenan. Området markerat med orange märker ut åskådarplatser för rullstolsburna besökare. Området markerat med grönt markerar uppsamlingsplatser för rullstolsburna.

Enligt den dimensionering som gäller för arenan i dagsläget ska de rullstolsburna ta sig till de utrymningsplatser som finns belägna i korridoren i arenans östra del, markerat med grönt i Figur 12.1, för att därifrån kalla på hjälp utifrån. Under platsbesöket upplevdes det dock tvivelaktigt att de utrymnande rullstolsburna besökarna skulle kunna påkalla någon uppmärksamhet då detta kräver att någon utifrån upptäcker dem genom rätt fönster vid rätt tillfälle. Ingen tvåvägskommunikation finns i dagsläget.

Vaktmästarna har i dagsläget vissa uppgifter gällande utrymningen av rullstolsburna vid händelse av brand. Tanken är att vaktmästaren ska gå en runda och kontrollera att de rullstolsburna kan utrymma på ett säkert sätt. Denna organisation kan man dock ställa sig kritisk till om vaktmästaren till exempel befinner sig på fel ställe och blockeras av branden. Detta kan ha som följd att vaktmästaren i fråga inte kan nå fram till utrymningsplatsen och därmed inte kan hjälpa de rullstolsburna ut ur byggnaden.

Räddningstjänsten har idag en insatsväg som utgår från arenans västra del. Detta innebär att utrymningsplatserna initialt är dolda för räddningstjänsten och att de därmed inte har någon chans att upptäcka de rullstolsburna besökarna. Detta kommenteras även i tjänsteanteckning efter en tillsyn genomförd av den lokala räddningstjänsten (Karlsson, 2013). Det påpekas i detta dokument att räddningstjänstens uppgift vid brand ska vara att bekämpa branden och rädda direkt nödställda och inte aktivt hjälpa till med en utrymning.

Sammanfattningsvis fastslås att dagens hantering av utrymning av rullstolsburna är tillfredsställande enligt det regelverk som gällde då byggnaden dimensionerades. Åtgärder som förbättrar utrymningen rekommenderas dock då rullstolsburna personer bör, ur ett etiskt perspektiv, ha rätt till möjlighet att kunna utrymma utan assistans. Förslag på vilken typ av åtgärder som skulle kunna genomföras presenteras i kapitel 13 och diskuteras i kapitel 15.

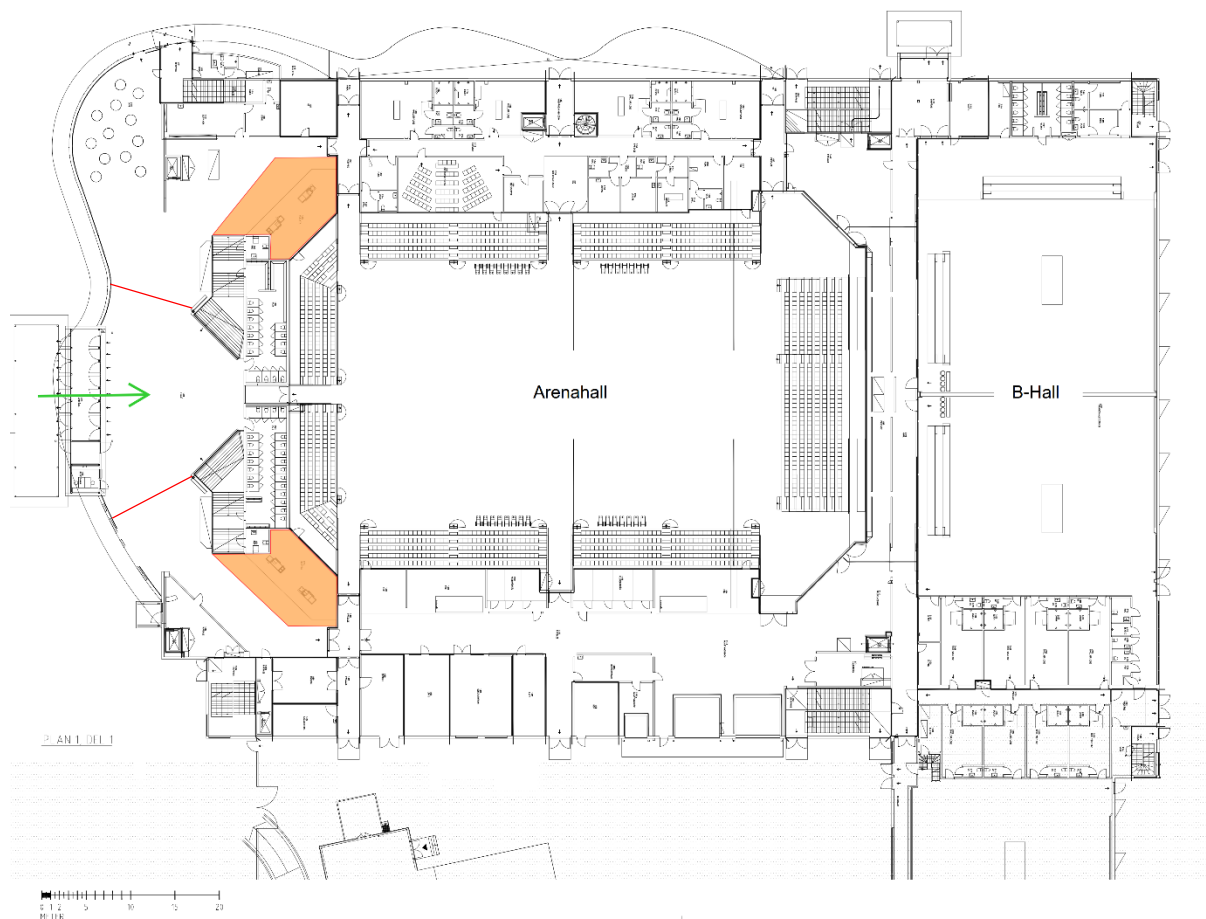
## 13 Åtgärdsförslag

Då det endast är scenariot med brand i garderob i entréutrymmet som utgör någon egentlig fara för de utrymmande så kommer förslag på åtgärder framför allt att inrikta sig på detta scenario. Vissa åtgärdsförslag ges också för att förbättra utrymningen av rullstolsburna personer.

För att minska risken för en fullt utvecklad brand i garderoben föreslås att garderoberna alltid är bemannade under större evenemang. En brand kan då förhoppningsvis upptäckas i ett tidigt skede och personalen har då lättare att ingripa och släcka branden. För att personalen ska kunna förebygga och bekämpa en brand så effektivt som möjligt kan en brandskyddsutbildning vara lämplig. Det är också viktigt att släckutrustning finns nära tillgå för personalen.

För att förhindra brandgasspridningens framfart kan ytterligare brandgasjalusier monteras på strategiska platser i foajén (se Figur 13.1). Ett förslag är att avgränsa garderobsutrymmena från resten av lokalen med sådana brandgasjalusier och på så sätt skydda de huvudsakliga utrymningsvägarna genom huvudentrén. Detta skulle innebära att rökspridningen i lokalen sker något långsammare vilket ger en längre tillgänglig tid för säker utrymning. Genom att dra jalousierna från väggen vid respektive trappuppgång, ut till fasaden och låta dem gå ner till en höjd av 2 meter skapar man tre utrymmen i foajén. De två utrymmena som innefattar garderobsutrymmena får en större volym med jalousier jämfört med det mittersta. Dessa volymer måste fyllas med brandgaser innan brandgasspridningen fortsätter till det mittersta utrymmet. Detta ger en längre tid för säker utrymning. Personer som vistas i samma avgränsade foajédel som branden hinner utrymma säkert härifrån innan brandgaslagret sjunkit till en höjd av två meter över golvet.

Då det vid platsbesök påträffades dörrar som var uppställda med kil föreslås även att dörrarna i byggnaden ställs upp med magnet. Med denna åtgärd stängs dörrarna automatiskt vid händelse av brand och skyddet mot brandgasspridning minskar.



Figur 13.1. Helsingborgs Arena plan 1 med de föreslagna brandgasjalusierna inritade i rött och garderobsytorna markerade med orange.

Att installera ett sprinklersystem skulle troligtvis ge ett avsevärt bättre brandskydd. Brandförloppet kan begränsas markant eller så kan branden släckas helt. Denna lösning kan dock bli kostsam när det genomförs efter att byggnaden är färdigställd.

Ett alternativ till konventionellt sprinklersystem är att undersöka möjligheterna att investera i mobila punktsprinklers, vilka kan placeras direkt ovanför garderoben oberoende av vart i anläggningen denna placeras. Denna typ av punktsprinklers kräver ingen anslutning till vattennät och ingreppet blir därmed inte lika stort som vid installation av ett konventionellt system. Utöver detta är kostnaden för ett system med punktsprinklers relativt sett låg. (Dafo Brand AB, 2015). Dock är effektiviteten av detta system svår att bestämma då tillräckliga försök inte finns att tillgå.

För att begränsa brandgaslagrets tillväxt i lokalen kan brandgasfläktar installeras. En annan lösning är att antingen göra fler brandgasluckor eller utöka de som redan finns. Detta skulle resultera i att mer rök avlägsnas från lokalen och därmed tar det längre tid innan kritiska förhållanden uppkommer. Vid en ökning av frånluften är det viktigt att även kontrollera att tilluften är tillräcklig annars blir åtgärden inte alls lika effektiv som den skulle kunna vara.

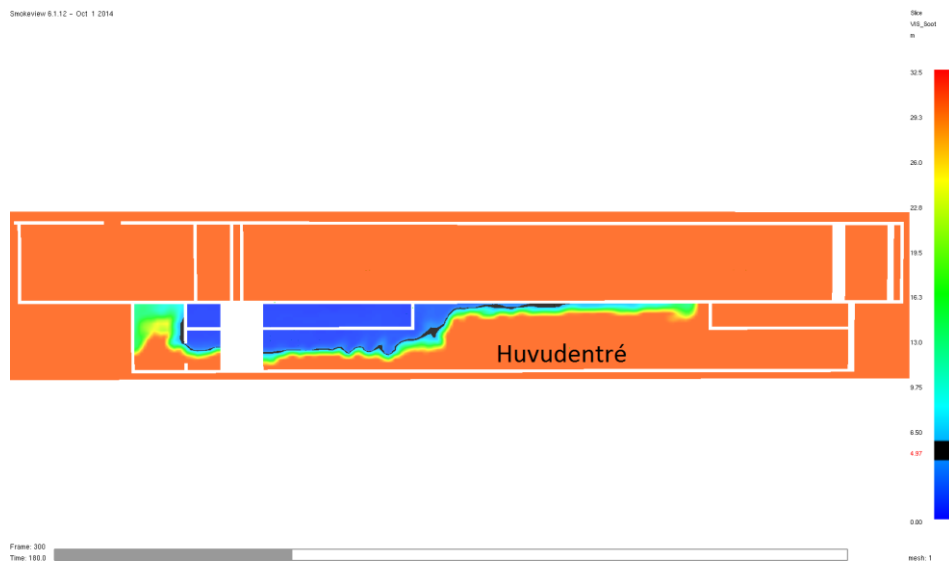
Vad gäller utrymning av rullstolsburna besökare från plan 2 i arenan föreslås två åtgärder. Ett förslag är att installera en utrymningshiss som på ett säkert sätt kan transportera rullstolsburna besökare till plan 1 där de själva kan ta sig ut. Detta är dock en kostsam åtgärd då det innebär att de hissar som idag finns tillgängliga i den östra delen av arenan måste uppdateras till tillräcklig brandsäkerhetsklass. Ett sätt att göra detta billigare är att göra om en befintlig hiss till en utrymningshiss.

Ett annat förslag är att omplacera de reserverade platserna för rullstolsburna åskådare till plan 1. Denna lösning innebär att en rullstolsburen person själv kan sätta sig i säkerhet vid händelse av brand. Dock utgör placeringen av de nya reserverade platserna något av ett problem, då de dels ska ha god möjlighet att ta sig ut själva, goda förutsättningar att se pågående evenemang och även inte ta för stor del av arenagolvet i anspråk på ett sådant sätt att det riskerar deras egen eller idrottsutövares säkerhet. Då det enbart rör sig om maximalt tolv handikapplatser på plan 2 som måste flyttas anses det rimligt att utöka de fyra reserverade områdena på plan 1 med 3 platser vardera. Genom att göra detta lämnas dessutom mer fritt utrymme på plan 2, vilket kan användas till vanliga läktarplatser. Vid konserter kan denna lösning försvåra sikten för de rullstolsburna. Detta kan lösas genom att sätta in någon typ av ramp eller liknande.

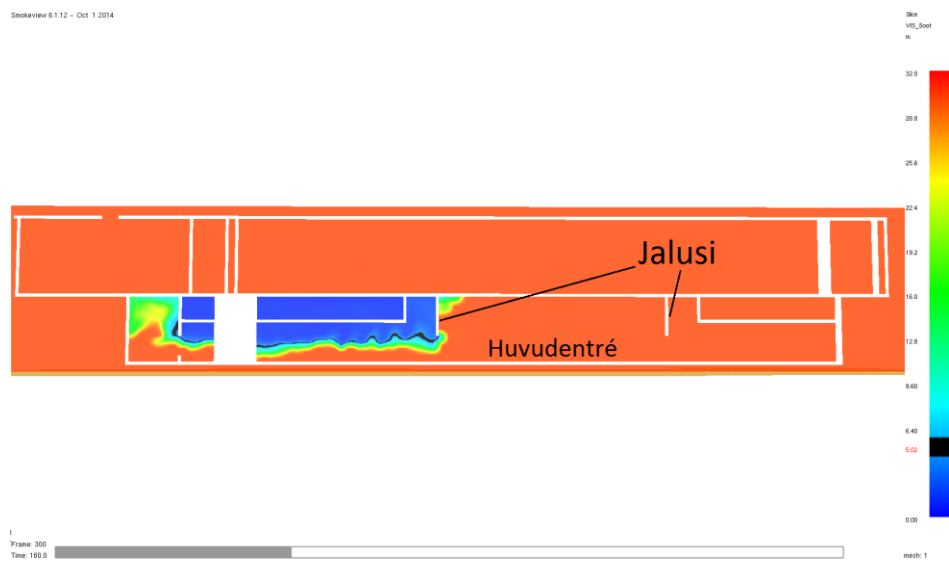


## 14 Validering av åtgärd

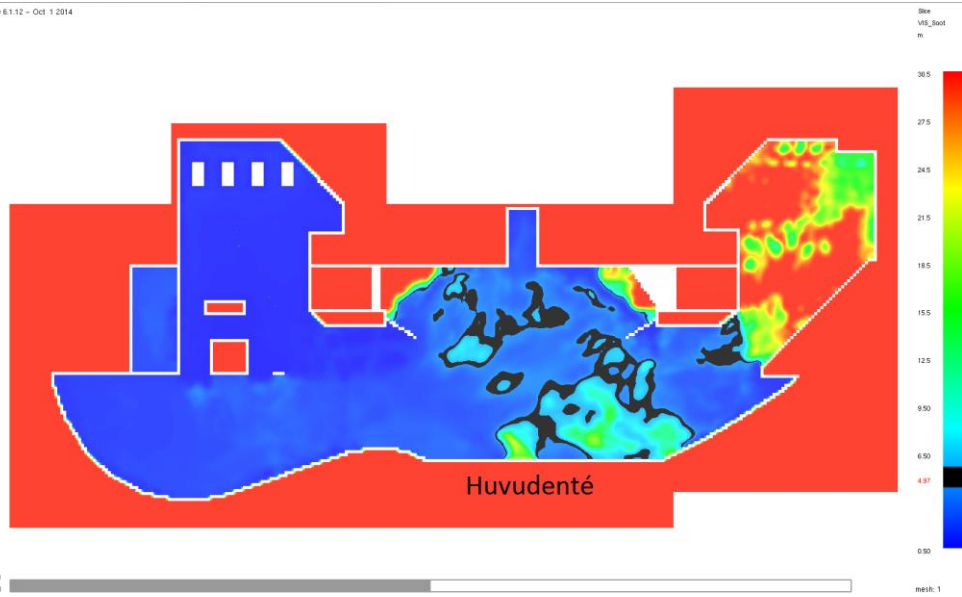
För att validera åtgärden med nya brandgasjalusier, vilken är den åtgärd som föreslås i första hand, genomfördes en FDS-simulering med dessa installerade. I detta kapitel jämförs simuleringen med nya brandgasjalusier med de tidigare simuleringarna utan dessa brandgasjalusier.



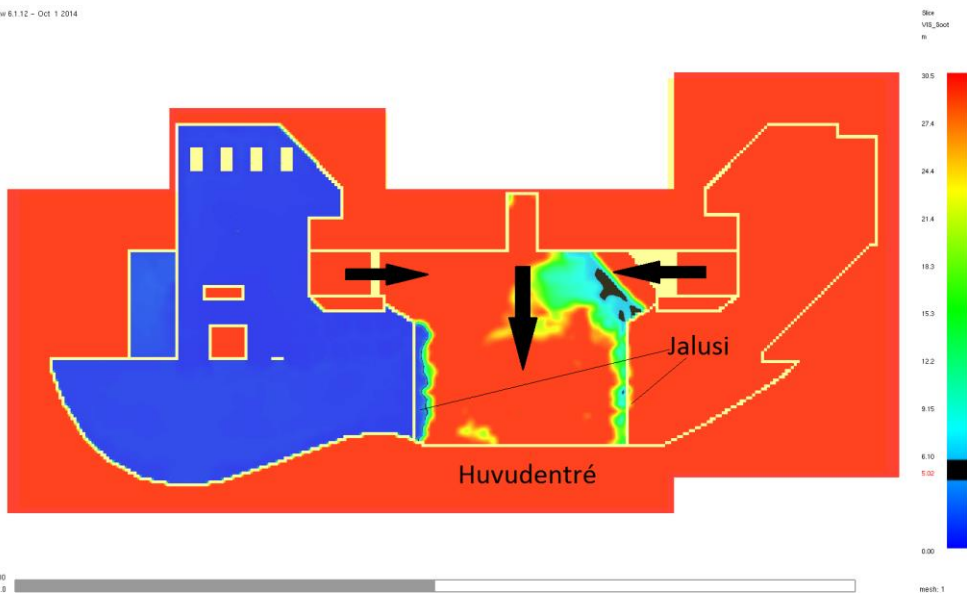
Figur 14.1 Röksspridningens utseende sett från sidan 180 sekunder efter antändning utan de föreslagna jalusierna.



Figur 14.2 Röksspridningens utseende sett från sidan 180 sekunder efter antändning med de föreslagna jalusierna.

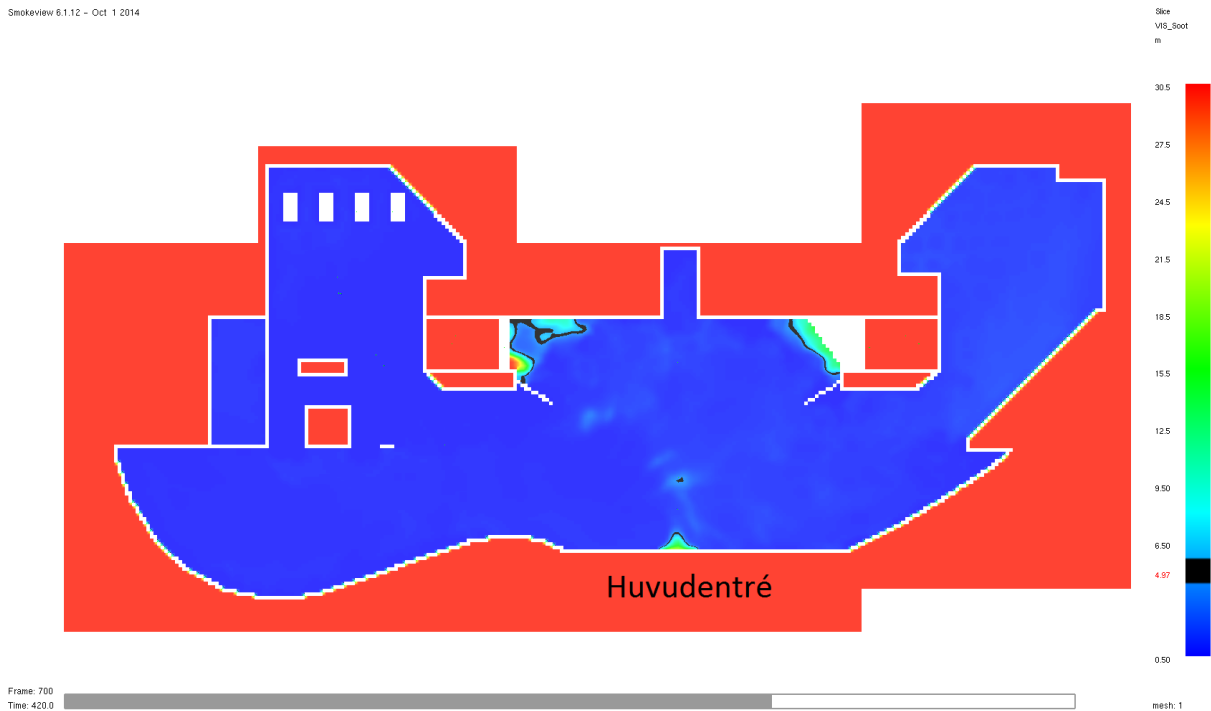


Figur 14.3 Rökspridningens utseende på två meters höjd 300 sekunder efter antändning utan de föreslagna jalusierna.

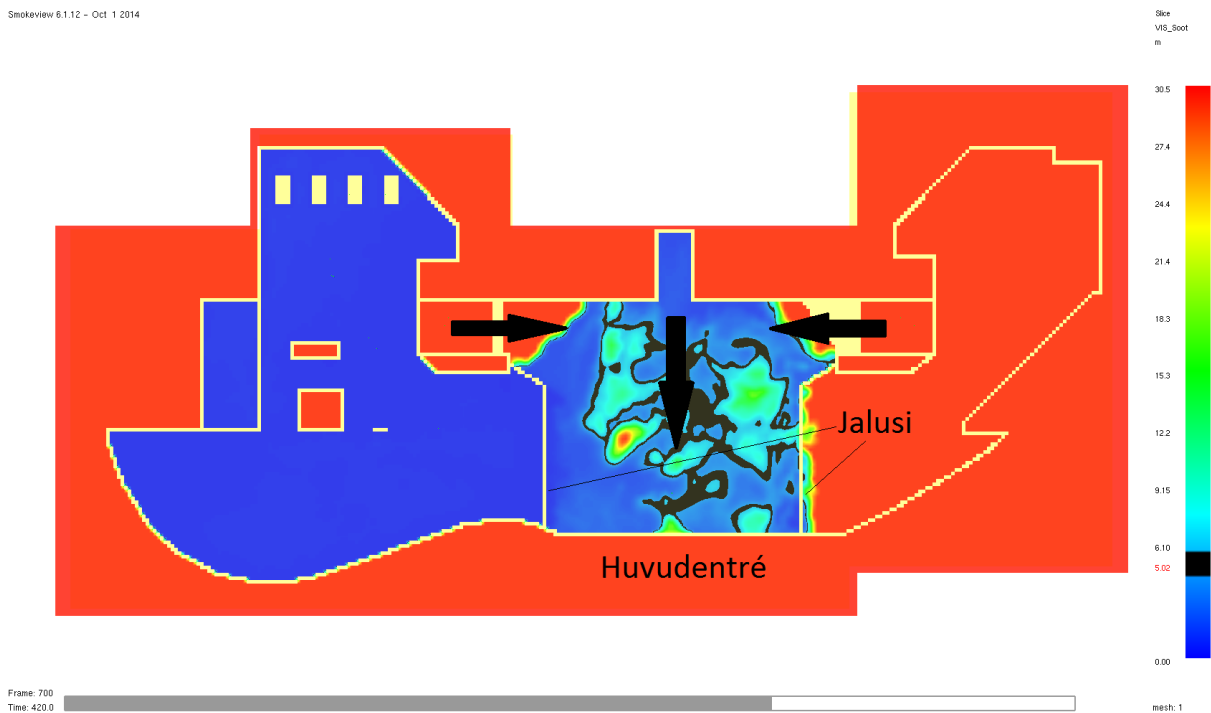


Figur 14.4 Rökspridningens utseende på två meters höjd 300 sekunder efter antändning med de föreslagna jalusierna. Pilarna anger de utrymmandes riktning.





Figur 14.5 Rökspridningens utseende på två meters höjd 420 sekunder efter antändning utan de föreslagna jalusierna



Figur 14.6 Rökspridningens utseende på två meters höjd 420 sekunder efter antändning med de föreslagna jalusierna. Pilarna anger de utrymmandes riktning.

De tidssteg som presenteras i detta kapitel är utvalda för att representera viktiga händelser i brandförloppet. Efter 180 sekunder börjar brandgaser ta sig under de extra brandgasjalusierna för att börja sprida sig in i mittenpassagen. 300 sekunder in i simuleringarna uppstår kritiska förhållanden i scenariot utan extra brandgasjalusier. Då 420 sekunder har passerat uppstår kritiska förhållanden i scenariot med extra brandgasjalusier.

I scenariot med de nya brandgasjalusierna uppstår kritiska förhållanden i mittensektionen 120 sekunder senare jämfört med ursprungsscenariot. Under dessa två extra minuter hinner ytterligare 442 besökare utrymma arenan vid jämförelse med utrymningssimuleringarna i Bilaga 5.

Då mittensektionen är den viktigaste passagen ur utrymningssynpunkt är det av stor vikt att denna sektion hålls fri från brandgaser så länge som möjligt. Genom att vidta denna relativt enkla åtgärd kan marginalerna vid utrymning genom huvudentrén ökas avsevärt och säkerheten förbättras.

## 15 Diskussion

Nedan diskuteras valda delar av rapporten i kronologisk ordning.

### 15.1 Avgränsningar

De avgränsningar som har gjorts påverkar givetvis resultatet av simuleringar och utrymning. De stora avgränsningar som har gjorts i rapporten har berört arenans storlek. De lokaler som vi har ansett mindre viktiga för vårt syfte har inte tagits i beaktning i rapporten. Dessa bortsållade lokaler kan ha ett brandtekniskt skydd som, om de hade varit med i simuleringarna, påverkar resultatet på olika plan.

En faktor som valt att bortses från är utrymmande från hall C, i den sydöstliga förlängningen av byggnaden. Vid ett scenario där läktare i hall C är fullsatta tillkommer 90 utrymmande till utrymningsväg 18 (se Figur 5.1). Antalet utrymmande från detta utrymme är taget från platsangivelser i arkitektens A-ritningar. I det fallet att människor som vistas i exempelvis den södra reservfoajén använder utrymningsväg 18 för utrymning kan här uppstå ökad trängsel på grund av utrymmande från hall C. Då utrymningsväg 18 inte brukas i något av de scenarion som använts som dimensionerande i denna rapport anses denna faktor vara av ringa betydelse.

### 15.2 Organisation vid evenemang

Vad gäller brandskyddsorganisationen vid arenans evenemang bedöms denna vara bra.

Organisationen presenteras på ett bra sätt i det systematiska brandskyddet (Fält, 2015). Det framgår tydligt vilka uppgifter som respektive arbetsroll innebär. Vid platsbesök framgick att vid de mindre idrottsevenemangen vill ofta föreningarna själva stå för säkerheten vilket innebär att mer oerfarna personer arbetar. Detta kan påverka brandskyddet i arenan då det kan antas att dessa mer oerfarna arbetare inte är lika bekväma med sina arbetsuppgifter som de som vanligtvis arbetar i arenan. Systemet med informationskort som delas ut till alla publik- och utrymningsvärdar bedöms dock vara en bra lösning på problemet med oerfarna arbetare då detta är ett enkelt sätt att få ut rätt information.

### 15.3 Handberäkningar

När det gäller handberäkningarna av utrymningen skiljer sig dessa en del från resultatet av simuleringarna i Simulex. Handberäkningarna för arenagolvet och kioskfoajén ligger båda cirka 70 sekunder efter den simulerade tiden. Den beräknade utrymningstiden för garderobsbranden är cirka 30 sekunder kortare än simulerade. För plana ytor verkar beräkningarna alltså stämma ganska bra överens. För läktaren är dock den beräknade tiden över 100 sekunder kortare än simulerad. Skillnaden har troligtvis att göra med att det är en stor mängd besökare som utrymmer på små utrymmen på läktaren, vilket handberäkningarna tar mindre hänsyn till än Simulex.

### 15.4 Datormodeller

De datormodeller som använts vid simuleringar av brand- och utrymningsscenario är som tidigare beskrivet FDS och Simulex. I likhet med alla andra simuleringprogram som ska återspegla ett verkligt händelseförlopp innehåller dessa en rad brister. Ett par av dessa är exempelvis FDS oförmåga att fullständigt gestalta en komplicerad geometri, lösa upp turbulensförhållanden i mindre skala än den rådande gridnivån och Simulex brister vad avser trängselförhållanden i vissa delar av geometrin. Resultat från dessa simuleringar bör därför endast ses som vägledande och kan alltså inte antas vara en exakt spegling av ett verkligt brand- eller utrymningsförlopp. Det finns idag ett flertal andra simuleringprogram på marknaden, alla med egna lösningar på de olika problemen som det innebär att bygga upp en virtuell verklighet. Vissa av de kommersiella programmen har inbyggda funktioner som minskar osäkerheterna kring olika parametrar, men kan på det hela taget inte räknas som säkrare eller mer verklighetstroga än de som använts i denna rapport.

### 15.4.1 FDS

Vid simuleringarna i datorprogrammet FDS användes en något förenklad geometri av de aktuella lokalerna på grund av programmets begränsningar. Dessa förenklingar har dock gjorts på ett sätt som innebär att volymen bevaras varför resultaten bedöms vara giltiga.

De brandgasluckor som finns i byggnaden har vid simuleringarna varit öppna redan från brandens start. I verkligheten aktiveras brandgasluckorna då två rökdetektorer har detekterat brand. Aktivering bör alltså ske i ett tidigt skede av branden och eftersom brandens placering i samtliga scenarier har varit på ett relativt stort avstånd från närmaste brandgaslucka bör inte resultatet påverkas nämnvärt.

I FDS-simuleringarna har alla utrymningsvägar varit stängda utom huvudentrén, som fungerar som tilluftsöppning i garderobbrandsscenario. Under en verklig utrymning öppnas dörrarna i utrymningsvägarna av de utrymmande besökarna och rök sprids då till angränsande rum. När FDS-simuleringarna konstruerades fanns ingen kunskap om hur länge folk fortfarande utrymmer, och därmed hur länge dörrarna är öppna. Av denna anledning gjordes förenklingen att dörrarna är stängda under hela simuleringarna. Detta är ett något konservativt antagande eftersom det innebär en något snabbare rökfyllning av brandutrymmet.

### 15.4.2 Simulex

För att representera fördelningen av olika persontyper vid utrymningssimuleringar i Simulex har persontypen *Commuters* använts. Som tidigare nämnt kan egenskaperna hos de utrymmande personerna göra stor skillnad för det erhållna slutresultatet. Vid de scenarion som simulerats i denna rapport har det antagits att majoriteten av de utrymmande är vuxna och att fördelningen mellan kvinnor och män är lika. Det är med utgångspunkt i dessa antaganden som populationskategorin *commuters* har använts. I denna förekommer som beskrivet under rubrik 5.4.2.3 *Personegenskaper* 30 % män, 30 % kvinnor, 10 % barn och 30 % med helt slumpvis valda personegenskaper, kallade *average*. Denna personkategori finns fördefinierad i Simulex och ska, som namnet antyder återspegla fördelningen hos en grupp pendlare. Det är rimligt att anta att det kan förekomma barn i arenan vid diverse olika evenemang, men att majoriteten av besökarna fortfarande utgörs av vuxna män och kvinnor. Tidigt i projektet utfördes utrymningssimuleringar enligt samma grunduppställningar som de som slutligen använts vid brandskyddets utvärdering, men med personegenskaper enligt den förinställda personkategorin *Office Staff*. I denna grupp finns ingen andel barn representerad och andelen män är något högre än andelen kvinnor. Vid simuleringar med denna personkategori erhöles resultat från simuleringarna med kortare förflyttningstider. Skillnaden, i storleksordningen en halv minut, tyder på vikten av att simulera med en representativ personfördelning. För att ytterligare förfina säkerheten i utrymningssimuleringarna hade statistik från evenemang i Helsingborgs Arena, angående olika fördelningar hos den besökande folkmassan behövt samlas in och integreras i indatan för Simulex. Resultaten som erhålls från simuleringarna kan trots allt inte tolkas som exakta beskrivningar av verkligheten, varför det är viktigt att resonera kring eventuella störande effekter skapade av brister i programmets uppbyggnad och funktion, marginaler i utrymningstider och inte minst den mänskliga faktorn där beslutsfattande under press spelar stor roll vid ett utrymningsscenario.

Vid utrymningssimulering i Simulex uppstår ibland så kallade "Simulex-effekter" där programvaran på grund av sin uppbyggnad har svårt att återge en representativ bild av verkligheten. Den mest påtagliga av dessa effekter är kanteffekten, där de utrymmande fastnar runt hörn i geometrin och en orealistisk kösituation uppstår. Detta sker i och med att de utrymmande i Simulex är programmerade att alltid ta den närmsta vägen till angiven utgång och endast i viss mån går runt folksamlingar. Dessa oriktigheter i utrymningsförloppet bidrar till något längre utrymningstider än vad som hade gällt för en verklig utrymningssituation. I uppställningen av utrymningssimuleringarna gäller det alltså att minimera dessa effekter så gott det går. I de simuleringar som utförts i denna rapport anses tidsfördröjningen på grund av Simulex-effekter vara så pass liten att detta endast bidrar med något mer konservativa resultat och därigenom en större säkerhetsmarginal till utrymningstiderna.

## 15.5 Utrymningsteori

Viss diskussion kan föras angående besökare som vänder vid påträffande av brandgaser. I rapporten har det på vissa ställen antagits att besökare som påträffar brandgaser under utrymningen vänder och väljer en annan utrymningsväg. Detta beror dock på hur stor påtryckningen är bakifrån. Om det är en stor köbildning med många besökare som trycker på bakifrån för att komma ut den tänkta vägen kan det vara svårt att vända denna påtryckning för att välja en annan utrymningsväg. Det finns i dessa fall en risk för personskada och i värsta fall dödsfall. Om det däremot inte är någon köbildning bakom är denna vändning avsevärt enklare och kan antas ske utan större skador på de utsatta besökarna.

## 15.6 Kritiska förhållanden

De kritiska förhållanden som finns bestämda i BBRAD 3 är riktvärden vid nybyggnation/ombyggnation. Dessa kritiska värden är av säkerhetsskäl bestämda mycket konservativt och är alltså inte direkt livshotande. Då det i denna rapport inriktas på att undersöka och utvärdera brandskyddet i Helsingborgs Arena och inte dimensionera ett nytt brandskydd används de kritiska nivåerna i BBRAD 3 endast som riktvärden. För att få en uppfattning om vad som på riktigt är kritiska eller skadliga förhållanden, som potentiellt kan utgöra ett hot mot det satta skydds målet har resonemang kring de enskilda fallen förts. För att få lite perspektiv på hur de kritiska förhållandena enligt BBRAD 3 reglerar godtagbara förhållanden vid utrymning kan ett par exempel tas upp;

Temperaturvärdet 80°C kanske inte är så kritiskt i verkligheten, många människor utsätter sig frivilligt mer än gärna för värden över dessa nivåer då de badar bastu. En rejäl bastusession kan dessutom antas vara under längre tid än vad det tar att genomföra en utrymning.

Vad gäller siktförhållanden är gränsvärden enligt BBRAD 3 satta till 10 meter fri sikt eller 5 meter fri sikt vid köbildning i lokaler som är större än 100 m<sup>2</sup>. Dessa kritiska nivåer är i många situationer väl tilltagna och en tillfredställande utrymning kan ske med sämre siktförhållanden.

## 15.7 Statistik felkällor

Någon vidare definition om vad en idrottsanläggning är finns inte beskrivet i MSB's databas. Det kan därför vara svårt att avgöra om statistiken gäller för den stora arenan eller den lilla sporthallen. Det kan också bli svårt att väga samman vilken statistik som gäller då arenan har flera olika typer av verksamheter. Det skulle till exempel vara möjligt att använda statistik för restaurang.

Någon detaljerad beskrivning av varje brandförlopp finns inte i databasen. Det är därför svårt att ta reda på brändernas omfattning och storlek. Statistiken ger därför inte en helt tydlig bild av vilka typer av bränder som har de värsta förloppen. Det krävs därför kvalitativa resonemang av olika brandförlopp för att välja ut de scenarier som kräver vidare analys.

Den statistik som användes i projektet gäller för hela Sverige. Huruvida denna statistik även gäller för Skåne och ännu mer specifikt Helsingborg är oklart. Vid användning av statistik från Skåne finns det inte tillräckligt många fall av tillbud i idrottsanläggningar för att en representativ fördelning av olyckor ska kunna observeras.

## 15.8 Scenarier

I detta avsnitt diskuteras känslighetsanalys och resultat som har erhållits efter simuleringar.

En eventuell brand vid mässverksamhet skulle kunna resultera i svårigheter med utrymning. Vid mässverksamhet i Helsingborg Arena skulle hallar och foajéer kunna fyllas med större mängder brännbart material beroende på typ av mässa. Detta resulterar i dels en hög brandbelastning men även att felaktigt placerat utställningsmaterial kan blockera arenans utrymningsvägar. Scenarier vid mässverksamhet behandlades dock inte i rapporten då denna typ av scenarier bedömdes täckas in av scenarierna med garderobsbrand och scenbrand.

### 15.8.1 Scenbranden

Känslighetsanalyser med olika effektkurvor på scenbranden genomfördes ej då det ansågs överflödigt. Detta på grund av att den maximala effektutvecklingen i den simulerade scenbranden redan är stor. Att scenen skulle vara utrustad med tillräckligt mycket brännbart material för att uppnå den simulerade effekten är inte särskilt troligt. Trots den stora maxeffekten uppstår inte de föreslagna kritiska förhållandena från BBRAD 3 förrän efter att människor har hunnit utrymma enligt simuleringarna i Simulex. Detta anses vara tillräckligt motiv till att inte undersöka scenens uppbyggnad, material och brandspridning mellan föremål ytterligare.

Vid framtagning av effektkurvan för scenbranden antogs en viss materialfördelning. Denna fördelning kan variera från fall till fall. I detta fall antas plastandelen vara ungefär 30 % fördelat mellan PVC, nylon och polyester. I ett annat scenario skulle plastandelen givetvis kunna vara högre vilket påverkar rökspidningen i arenan då sotproduktionen för plaster i allmänhet är högre än för andra material. Fördelningen som har använts kan anses vara icke-konservativ, men då brandens maxeffekt är så pass konservativ bedömdes det att en känslighetsanalys för ökad plastandel inte var nödvändig.

För att få en uppfattning om strålningsintensiteten som avges från scenbranden har handberäkningar utförts (se Bilaga 2). Dessa beräkningar tyder på en strålningsintensitet av 4,5 kW/m<sup>2</sup> vid de närmaste utrymningsvägarna som ligger på ett avstånd av ca 21 meter från branden. Detta motsvarar ungefär halvplan på arenagolvet och här befinner sig människor i upp till fyra minuter. Då kritiska värden enligt BBRAD 3 är satta till 2,5 kW/m<sup>2</sup> under obegränsad tid respektive 10 kW/m<sup>2</sup> under kort tid (se Tabell 5.1) anses strålningsnivån från scenbranden vara acceptabel under den tid det tar för de utrymmande att ta sig ut från arenagolvet. Trots att en strålningsnivå av denna storlek kan upplevas som obehaglig av de utrymmande bedöms tiden som utrymmande är utsatta för dessa strålningsnivåer vara tillräckligt kort för att inga strålningsdämpande skyddsåtgärder ska behöva vidtas.

Vid uppskattning av utrymningstider för detta scenario har det antagits att alla som vistas i arenan har samma varseblivningstid. Detta är givetvis inte troligt då alla inte är lokaliserade så att de direkt kan se branden. Anledningen till att samma tid har valts för samtliga, oberoende av om de uppehåller sig i arenahallen eller i den administrativa delen på plan 3, är att detta resulterar i ett värre scenario än om tiderna hade varit förskjutna i förhållande till varandra. Genom att använda samma varseblivningstid för alla fås ett scenario där trängseln runt och i utrymningsvägarna är maximal och förflyttningstiden blir därför den längsta möjliga, vilket i sin tur ger konservativa resultat.

### 15.8.2 Garderobsbrand

De experimentdata som fanns att tillgå var inte helt representativa för den garderobsbrand som skulle kunna uppstå i Helsingborgs arena. Detta innebär att det finns osäkerheter i till exempel hur effektkurvan till garderobsbranden uppskattades. Vissa data från experimenten kunde dock användas med vissa modifikationer för att erhålla ett brandförlopp som ansågs rimligt. Osäkerheterna hanterades genom känslighetsanalyser där olika effektkurvor användes och påverkan på resultatet analyserades. Eftersom resultaten inte skiljer särskilt mycket mellan de olika effektkurvorna, och eftersom grundscenariot är konservativt uppskattat, bedöms resultaten vara relevanta.

Spridning mellan klädställningarna har uppskattats med hjälp av handberäkningar på strålning. Viss osäkerhet kan finnas för tid till spridning. Det har antagits ta 125 sekunder respektive 75 sekunder tills att branden sprider sig till närliggande klädställning beroende på brandens tillväxthastighet. Vid denna tidpunkt är brandens effekt 1100 kW och strålningseffekten är ungefär 19 kW/m<sup>2</sup> mot närliggande klädställning. Då det finns osäkerheter om vilka material som finns inhängda i garderoben antas antändning kunna ske vid denna strålningseffekt vilket kan ses som konservativt eftersom materialen har olika flampunkter.

Vad gäller känslighetsanalysen med utrymning där en utrymningsväg blockerades visade det sig att denna inte gjorde någon skillnad i total utrymningstid. Detta eftersom det var personer som initialt befann sig i arenahallen som utrymde sist. Vid simulering av endast huvudentrén visade

känslighetsanalysen på en tidsskillnad på ungefär tio sekunder. Detta innebär att de personer som är mest utsatta vid händelse av en garderobsbrand, nämligen de som initialt befinner sig i huvudentrén, påverkas i viss mån av en eventuell blockering av utrymningsvägen. Denna skillnad är dock inte speciellt stor.

I de olika utrymningssimuleringarna användes olika varseblivnings-, beslut- och reaktionstider. För simuleringarna av hela arenan användes totalt 120 sekunder då många av besökarna inte kan se branden och därför inte förväntas reagera tidigare. För simuleringarna med endast huvudentrén användes istället 90 sekunder då det kan förväntas en något snabbare beslut- och reaktionstid för de personer som befinner sig i huvudentrén då de kan se branden. Huruvida detta är representativa tider kan diskuteras. Till exempel skulle denna tid kunna vara ännu kortare än 90 sekunder för de personer som befinner sig allra närmast branden medan den skulle kunna vara längre än 120 sekunder för de personer som inte ser branden och befinner sig i annan del av arenan. Då utrymningslarmet är ett talat informativt meddelande antas dock att de flesta besökarna påbörjar utrymning efter en viss besluts- och reaktionstid då larmet ljuder.

Varseblivningstiden för de personer som inte ser branden har antagits vara lika lång som detektionstiden. Denna tid är enligt källa 60 sekunder (Johansson, et al., 2013) vilket är ett ganska osäkert värde. Detta anses dock ge ett konservativt resultat med tanke på att branden har tillväxthastigheten fast och att den detekteras med rökdetektorer.

### **15.8.3 Kioskbrand**

I scenariot med brand i kiosken uppnås aldrig kritiska förhållanden under den tid som människor fortfarande utrymmer, inte heller vid en ökad effekt eller ökad tillväxthastighet. Effektkurvan som har baserats på experiment av NIST är också den av de tre kurvorna som har högst tillförlitlighet. Inga åtgärder krävs därför för kioskutrymningarna, då branden inte hinner påverka utrymningen till en kritisk grad innan människor utrymt brandcellen. En känslighetsanalys med blockerade utrymningsvägar har inte heller gjorts för garderobsbranden då detta inte anses vara nödvändigt med tanke på ovanstående.

En känslighetsanalys för materialfördelning hade kunnat göras med ökad andel plast, vilket är det material som antas påverka rökspridningen mest. Eftersom det med god marginal inte fanns något problem med sikten i simuleringarna antas inte den ökade andelen plast påverka resultatet nämnvärt.

I simuleringen sker det en stor köbildning i den nordöstra delen av foajén för de besökare som utrymmer via trapphus 37 (se Figur 5.2). Det är via denna utrymningsväg som de sista besökarna utrymmer. Personflödet är realistiskt, men det kan tänkas att personer i en verklig situation väljer att lämna kön och söka sig till den östra foajén och utrymma via trapphus 36, vilket bör leda till en kortare utrymningstid. Därför kan resultatet från simuleringen anses vara konservativt.

Med detta sagt kan det tänkas att besökare trots ”god sikt och dräglig temperatur” drar sig för att utrymma i den branddrabbade foajén. Läktarplatser för rullstolsburna finns på plan 2 och deras utrymningsväg är genom den norra foajén. Hade det varit en kraftigare rökutveckling blir denna utrymningsväg obrukbar vilket leder till att rullstolsburna personer inte kan utrymma genom den norra foajén. Utrymning kan möjligtvis ske med assistans ner mot arenagolvet via den branta läktaren.

## **15.9 Brister i aktuellt brandskydd**

Under platsbesöket påträffades vissa brister i brandskyddet. Bland annat ansågs de vägledande markeringarna i vissa fall vara bristfälliga. Det skulle på vissa ställen vara lämpligt att utplacera ytterligare vägledande markeringarna.

Även lagring av kylskåp och andra skrymmande objekt påträffades i en utrymningsväg via trapphusen i arenans östra del. Då detta påverkar utrymningen föreslås att dessa omplaceras.

Bredden på flera passager i läktartrappor i arenan understiger de dimensionerande standardmättet 1,20 meter. Vid platsbesök mättes dessa avstånd till mellan 0,85–0,90 meter.

Vid platsbesök på arenan påträffades även vissa brister med dörrar mellan brandceller. Det var två problem som uppmärksammades. Dels fanns det uppkilade dörrar mellan brandceller och dels fanns det dörrar som inte gick att stänga igen helt. Dessa problem kan påverka en eventuell brandgasspridning i arenan varför detta föreslås åtgärdas.



## 16 Slutsats

I stort är Helsingborg Arena en relativt säker byggnad med god brandteknisk utformning. Det kan dock uppstå vissa problem vid en eventuell garderobsbrand eller större brand i huvudfoajén. Åtgärder som hanterar brandskyddet i garderoben bör därför vidtas. Dessa åtgärder kan vara av teknisk eller organisatorisk karaktär och presenteras mer djupgående i kapitel 13. De åtgärder som föreslås är i första hand:

- Utökad kontroll angående rutiner vid garderobsplanering och hantering av garderob. Ständig bemanning under större evenemang av väl utbildad personal med enkel tillgång till släckredskap.
- Installation av ytterligare brandgasjalusier som delar in huvudfoajén i tre utrymmen.

Även montering av ytterligare brandgasventilation i form av brandgasfläktar i fasaden kan rekommenderas. Dock har denna åtgärd inte validerats i denna rapport då den bedöms vara mer kostsam och utgöra ett större estetiskt ingrepp i arkitekturen än alternativet med brandgasjalusier.

Vidare kan det konstateras att utrymningsmöjligheterna för rullstolsburna kan förbättras. Vid dimensionering av Helsingborgs Arena var BBR 18 gällande regelverk. I denna finns inga tydliga direktiv för hur utrymning av rullstolsburna skall utformas. Med dagens regelverk finns krav på utrymningsplatser med tvåvägskommunikation, men hur dessa ska utformas och vem som ska vara ansvarig för att svara på nödmeddelande från tvåvägskommunikationen är oklart. För att tillgodose en säker utrymning av rullstolsburna eller utrymmande som på andra sätt är oförmögna att själva sätta sig i säkerhet, föreslås installation av utrymningshiss alternativt ändrad placering av de rullstolsburna så att de avsedda platserna enbart finns på plan 1. Att placera åskådarplatserna för rullstolsburna på plan 1 skulle lösa problemet med att transportera de rullstolsburna i trappor. Från plan 1 finns flertalet utrymningsvägar i marknivå som skulle vara lättillgängliga även för rullstolsburna besökare.



## 17 Referenser

- Albrecht, C., 2014. Fire Safety Journal. *Quantifying life safety*, pp. 87-94.
- Beall, K. A., 1996. *Thirteenth Meeting of the UNJR Panel on Fire Research and Safety*, s.l.: s.n.
- Bengtsson, L.-G., 2001. *Inomhusbrand*. 1st ed. Karlstad: Räddningsverket.
- Bengtsson, S., Jönsson, R. & Frantzich, H., 2005. *Brandskyddshandboken: En handbok för projektering av brandskydd i byggnader*. Lund: Lunds Universitet.
- Boverket, 2006. *Utrymningsdimensionering*, Karlskrona: Boverket.
- Carlsson, J., 2003. *Computational strategies in flame-spread modelling involving wooden surfaces*, Lund: Brandteknik Lunds Tekniska Högskola.
- Chow, W. et al., 2004. *Full-Scale Burning Tests for Retail Shop Fires*, Hong Kong: Hong Kong Polytechnic University.
- Dafo Brand AB, 2015. *Produktblad Punktsprinkler*, Stockholm: Dafo Brand AB.
- Drysdale, D., 2011. *An Introduction to Fire Dynamics*. s.l.:s.n.
- Engineering, T., 2013. *thunderheadeng.com*. [Online]  
Available at: <http://www.thunderheadeng.com/pyrosim/pyrosim-features/>  
[Accessed 11 Mars 2015].
- Fält, C., 2015. *Systematiskt Brandskyddsarbete för Helsingborg Arena*, Helsingborg: Helsingborg Arena.
- Frantzich, H., 1998. *Användarmanual till SIMULEX ver 1.2*, Lund: Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola.
- Frantzich, H., 2001. *Tid för utrymning vid brand*, Lund: Brandteknik Lunds Tekniska Högskola.
- Frantzich, H., de Korostenski, T. & Marberg, P.-A., 2014. *Brandskyddshandboken*. Lund: Brandteknik Lunds Tekniska Högskola.
- Helsingborg Stad, 2015. *Helsingborg Arena*. [Online]  
Available at: <http://www.hbgarena.se/om-arenan/>  
[Accessed 19 Februari 2015].
- Integrated Environmental Solutions (IES-facet), 2012. *Simulex Users Guide, Virtual Environment 6.0*, Edingburgh: Integrated Environmental Solutions.
- Johansson, B., 2004. *Analys av utrymningssäkerheten vid brand hos nattklubben Underbar i Skellefteå*, Lund: Lunds Universitet.
- Johansson, N., Strömgren, M. & van Hees, P., 2013. *Anlagd brand*, Lund: Department of Fire Safety Engineering and Systems.
- Karlsson, B. & Quintiere, J. G., 2000. *Enclosure Fire Dynamics*. s.l.:s.n.
- Karlsson, J., 2013. *Tjänsteanteckning efter tillsyn enligt lag (2003:778) om skydd mot olyckor*, Helsingborg: Helsingborgs Brandförsvär.
- Lilley, H.-J. K. a. D. G., 2000. *Heat Release Rates of Burning Items in Fires*, s.l.: s.n.
- McGrattan, K. et al., 2013. *Fire Dynamics Simulation User's Guide*, s.l.: National Institute of Standards and Technology.

MSB, 2015. *MSB:s statistik och analysverktyg IDA*. [Online]  
Available at: <http://ida.msb.se/>  
[Accessed 5 Mars 2015].

Särdqvist, S., 1993. *Initial fire*, Lund: Lund University.

SFPE, Society of Fire Safety, CIB, 2002. *4th International Conference on Performance-Based Codes and Fire Safety Design Methods*. Melbourne, Society of Fire Protection Engineers.

Society of Fire Safety , 2012. *Practice Note for Design Fires*, s.l.: s.n.

Staffansson, L., 2010. *Selecting Design Fires*, Lund: Lunds Universitet.

Thompson, P. M. E. W. J., 1996. Modeling Evacuation in Multi-Storey Buildings. *Fire Engineers Journal*, 56((185)).

Wågsäter, T., 2012. *Relationshandledning brandskydd*, Helsingborg: Fire Safety Design AB.

## 18 Bilagor

I detta avsnitt presenteras rapportens bilagor.

### 18.1 Bilaga 1 Effektkurvor

Nedan redovisas hur effektkurvorna till de tre utvalda scenarierna togs fram.

#### 18.1.1 Scenbrand

Av den stora scenens area uppskattas 15 procent tas upp av brännbart material såsom rekvisita och ljudutrustning med mer. Det brännbara materialet anses vara jämförbart med material som finns i ett förrådsutrymme, vilket är en effektutveckling på 500 kW/m<sup>2</sup>. (Albrecht, 2014)

Med kunskap om den stora scenens area kan nu en maxeffekt uppskattas med hjälp av ekvation 18.1.

$$\dot{Q} = 500 \text{ kW/m}^2 \cdot 300 \text{ m}^2 \cdot 0,15 = 22,5 \text{ MW} \quad \text{Ekvation 18.1}$$

Detta förutsätter att allt brännbart når maximal effektutveckling samtidigt och är alltså en konservativ uppskattning.

I Figur 18.1 redovisas tillväxthastigheten för bränder i olika utrymmen. Scenen anses vara jämförbar med kategorin Shopping centres/entertainment centres och får därför tillväxthastigheten fast. Detta motsvarar ett  $\alpha$ -värde på 0,047 kW/s<sup>2</sup> (Staffansson, 2010).

Occupancy	Growth rate
Dwellings	Fast [13]
	Medium [17]
	Medium [22]
Schools, offices	Medium [13]
	Medium [17]
	Fast [22]
Hotels, nursing homes etcetera	Fast [13]
	Fast [22]
Shopping centres, entertainment centres	Fast [13]
	Fast [17]
	Ultra-fast [22]

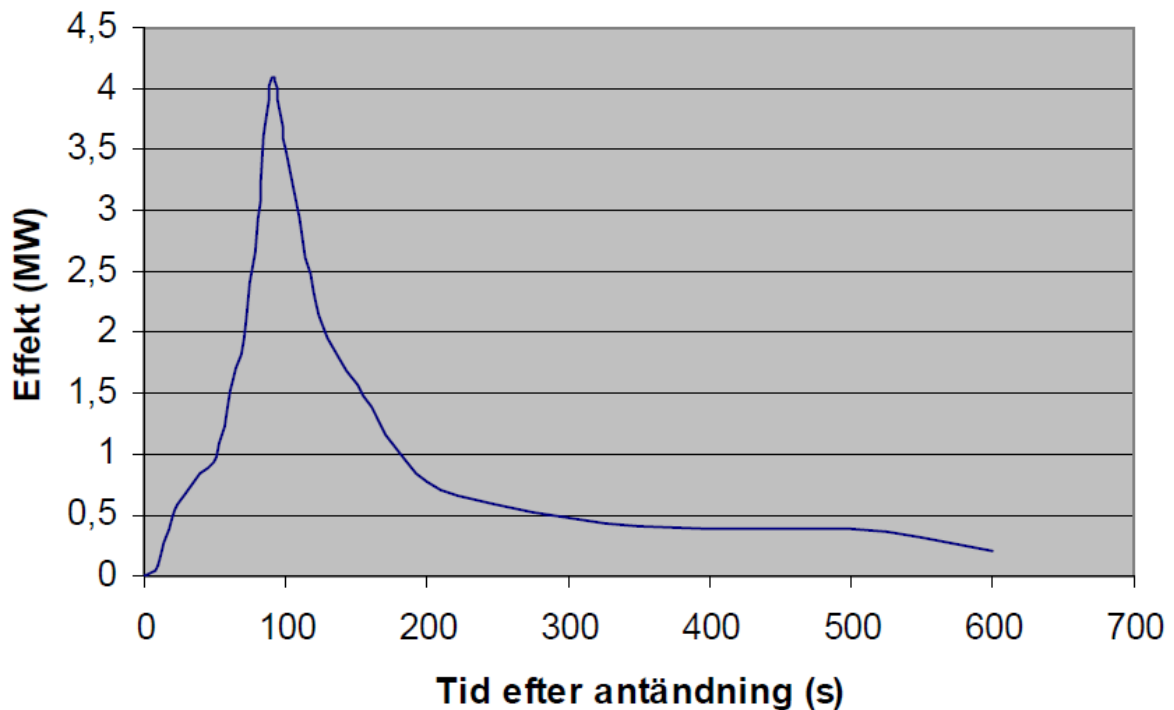
Figur 18.1 Tillväxthastighet hos bränder i olika utrymmen (Staffansson, 2010).

Med hjälp av  $\alpha$ -värdet och den beräknade maxeffekten tas en effektkurva fram som redovisas i Kapitel 8.2 med utseende enligt Figur 8.2.

#### 18.1.2 Garderobsbrand

Experiment på garderobsbränder har genomförts vid Lunds Universitet (Johansson, 2004). Vid dessa experiment brändes 105 stycken jackor av olika slag. Jackor är också det som bedöms utgöra den allra största delen av det brännbara materialet i vårt scenario. Effektkurvan från experimenten redovisas i Figur 18.2.

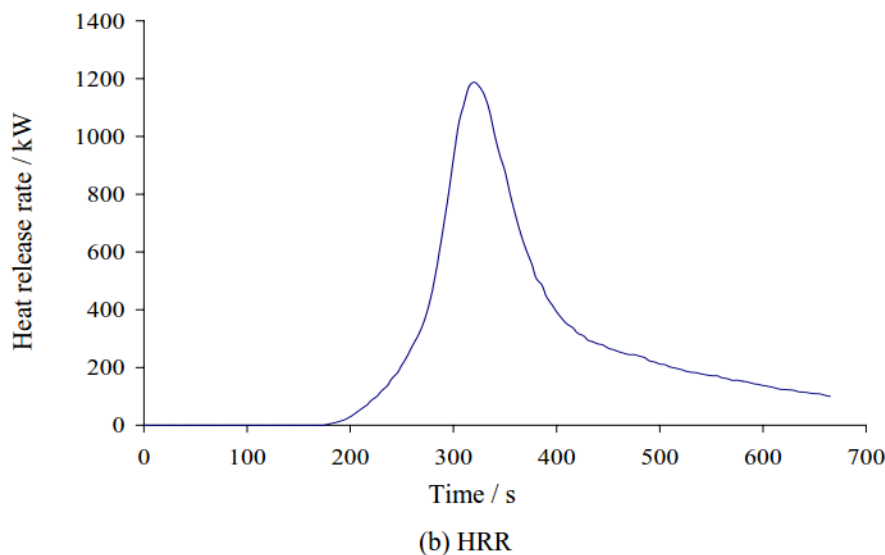
## Effektutveckling Garderobsbrand MW



Figur 18.2 Effektutveckling över tid för 105 stycken jackor (Johansson, 2004).

Tillväxtfasen hos Johanssons försök är extremt snabb eftersom jackorna hade fri tillgång till luft. Försöken utfördes dessutom i en container vilket medför mycket stor återstrålning från brandgaslagret. Detta innebär att brandförloppet vid en garderobsbrand i Helsingborgs Arena bör ha en något långsammare tillväxt.

Försök har också utförts på 96 stycken T-shirts vid Hong Kong Polytechnic University och Harbin Engineering University (Chow, et al., 2004). Vid försöken brändes upphängda T-shirts av 100 % bomull samt plastförpackning. Tillväxthastigheten på branden vid dessa försök anses vara jämförbar med vad som väntas vid garderobbrandsscenarioet. En effektkurva från dessa experiment redovisas i Figur 18.3. Alfa-värdet för T-shirtbranden beräknades till  $0,071 \text{ kW/s}^2$ .



Figur 18.3 Effektutveckling över tid för 96 stycken T-shirts (Chow, et al., 2004).

I Helsingborgs Arena kan det vid stora evenemang finnas 800 jackor i varje garderob. I garderoberna används klädställningar med dubbla ribbor att hänga galgar i. Till simuleringarna uppskattades att fyra klädställningar med 200 jackor i varje används i garderoben. I brandscenariot antänds en av ställningarna i mitten, därefter sprids branden till de två angränsande ställningarna och till sist sprids den även till ställningen längst bort.

Om maxeffekten för 100 jackor i Johanssons experiment används rakt av för 800 jackor blir den sammanlagda maxeffekten för garderobsbranden 32 MW. Denna effekt anses vara orimligt hög. Jackor har en snabb brandtillväxt och tillika en snabb avbrinning. Alla jackor i garderoben anses inte brinna med maximal effekt samtidigt.

Tillväxtfasen hos branden antas följa en  $\alpha^2$ -kurva och avbrinningen antas ha samma utseende men spegelvänd.

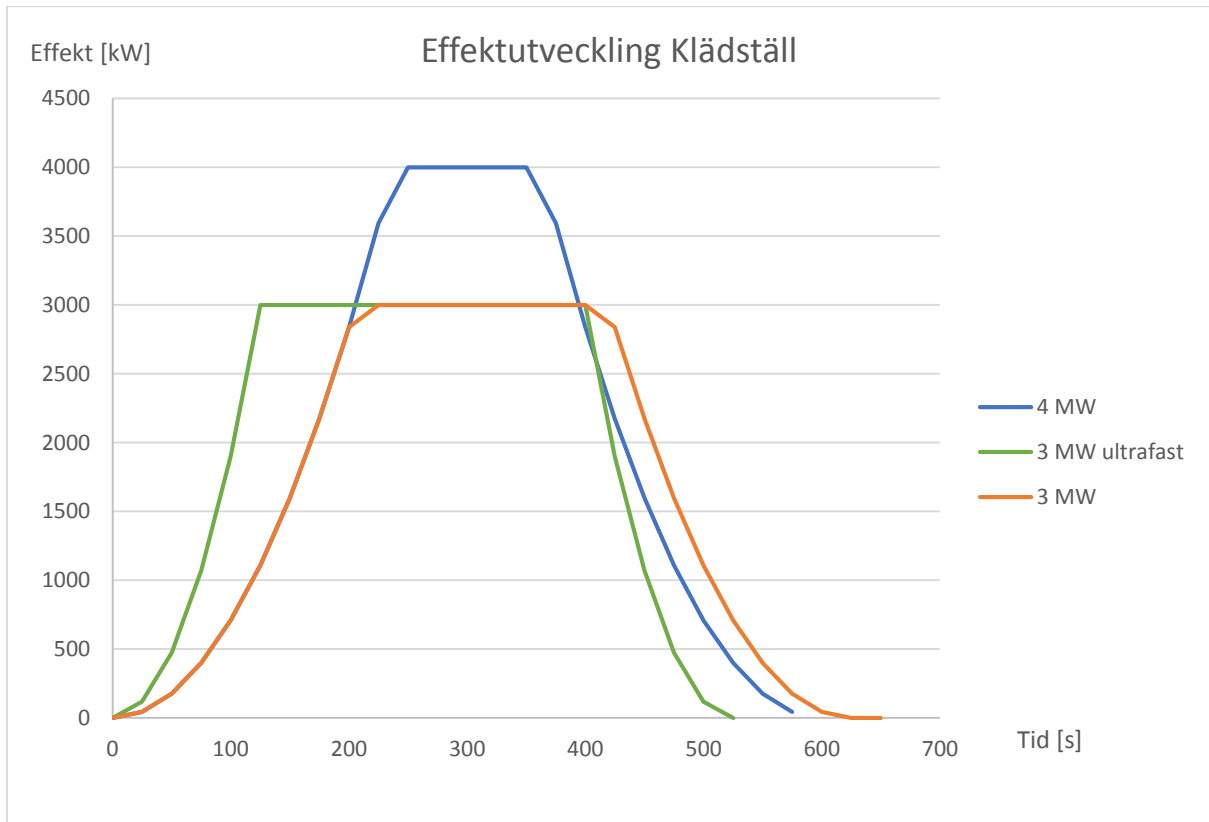
Då det är problematiskt att uppskatta maxeffekten för garderobsbranden görs simuleringar i FDS med tre olika effektkurvor. Tillväxthastigheten och maxeffekten varierar. Energiinnehållet i jackorna som brändes vid Johanssons experiment bör vara liknande för de jackor som normalt finns i garderoben. Varje klädställning i simuleringarna ska alltså ha ett dubbelt så stort energiinnehåll som klädställningen i Figur 18.2.

För att uppskatta hur snabbt branden sprider sig från klädställningen där branden startar till de andra görs en strålningsberäkning. Då tillväxthastigheten är  $0,071 \text{ kW/s}^2$  beräknas strålningen från en klädställning till en annan vara ca  $18,9 \text{ kW/m}^2$  efter 125 s. Effekten från branden är vid denna tidpunkt 1100 kW. Nästa klädställning antas då antända. Strålningsberäkningar presenteras i Bilaga 2.

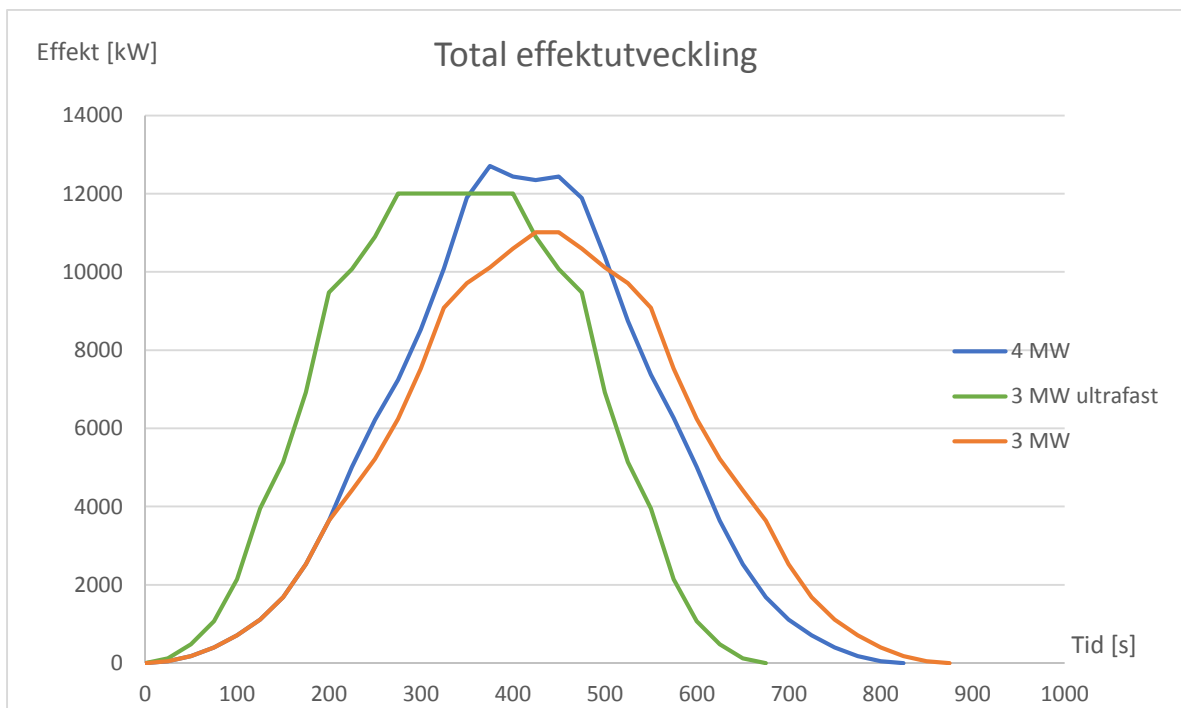
Med tillväxthastigheten  $0,071 \text{ kW/s}^2$  kan effektkurvor för olika maxeffekter på klädställningarna tas fram. Detta har gjorts i Figur 18.4 för maxeffekterna 3 och 4 MW. Med spridning av branden till närliggande klädställningar efter 125 sekunder erhålls en total effektutveckling i garderoben enligt Figur 18.5.

För att undersöka tillväxthastighetens påverkan görs också en simulering där tillväxthastigheten sätts till ultrafast. Då tillväxthastigheten ansätts till ultrafast ( $0,19 \text{ kW/s}^2$ ) uppnås effekten 1100 kW, som är den effekt då branden antas sprida sig till nästa klädställning, efter cirka 75 sekunder. Brandspridningen sker alltså 50 sekunder snabbare jämfört med ett  $\alpha$ -värde på  $0,071 \text{ kW/s}^2$ . Även

dessa effektkurvor redovisas för en enskild klädställning Figur 18.4 och Figur 18.5 för den totala effektutvecklingen.



Figur 18.4 Effektutvecklingskurvor med olika maxeffekter och tillväxthastigheter för en klädställning.



Figur 18.5 Den totala effektutvecklingen över tid för garderobsbranden vid olika maxeffekter och tillväxthastigheter för klädställningarna.



### 18.1.3 Kioskbrand

Ett flertal kiosker har bränts vid experiment utförda av NIST. Experimenten visade att kioskernas maximala effektutveckling var ungefär 1,8 MW. Eftersom det finns en del osäkerhet hur de testade kioskernas innehåll skiljer sig från kioskerna i Helsingborgs Arena tas en säkerhetsmarginal på 25 procent in. Den aktuella kioskens maxeffekt antas alltså vara  $1,8 \cdot 1,25 = 2,25$  MW.

(SFPE, Society of Fire Safety, CIB, 2002).

Testet som utförts av NIST är på en kiosk på  $1,2 \times 1,2 \times 2,1$  m med nedfällda hyllor. Det som brändes var träkolonner i hörn, kablar, bomullströjor och tre pappkartonger med överskottsmaterial. (Beall, 1996).

I kiosken antas det finnas brännbart material i form av godis- och chipskartonger. Inredningen i kiosken är också till stor del av trä. Tillväxthastigheten för en kiosk antas vara medium, enligt (Lilley, 2000). Detta ger den effektkurva som redovisas i Figur 10.2. För både trä och kartonger är dock tillväxthastigheten fast (Karlsson & Quintiere, 2000), vilket sedan användes i känslighetsanalysen av kioskbranden.



## 18.2 Bilaga 2 Strålningsberäkningar

Beräkningar på strålningen mellan bränslepaketerna i garderobsbranden presenteras nedan.

För att beräkna flamhöjd används i ekvation 18.2.1:

$$L = -1.02D + 0.235(\dot{Q}^{2/5}) \text{ [m]} \quad \text{Ekvation 18.2.1}$$

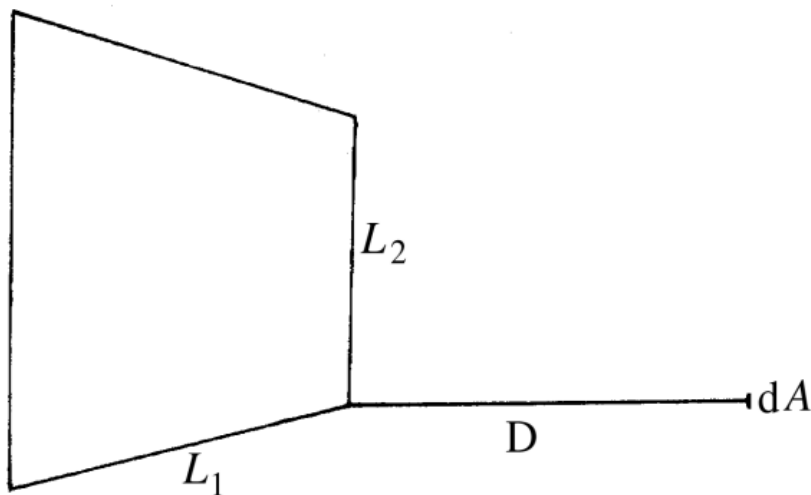
(Drysdale, 2011)

För handberäkningar av strålning används ekvation 18.2.2:

$$\dot{q}'' = \phi \cdot \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4 \text{ [kW/m}^2\text{]} \quad \text{Ekvation 18.2.2}$$

(Drysdale, 2011)

Framtagande av synfaktor, där de ingående faktorerna illustreras i Figur 18.6:



Figur 18.6 Illustration av strålning från platta till punkt, (Drysdale, 2011)

$$S = \frac{L_1}{L_2}$$

$$A = \frac{L_1 \cdot L_2}{D^2}$$

Synfaktorn,  $\phi$  tas sedan fram ur tabell 2.8 i (Drysdale, 2011).

**Table 2.8** Values of  $\phi(\alpha, S)$  for various values of  $\alpha$  and  $S^a$ 

$\alpha$	$S = 1$	$S = 0.9$	$S = 0.8$	$S = 0.7$	$S = 0.6$	$S = 0.5$	$S = 0.4$	$S = 0.3$	$S = 0.2$	$S = 0.1$
2.0	0.178	0.178	0.177	0.175	0.172	0.167	0.161	0.149	0.132	0.102
1.0	0.139	0.138	0.137	0.136	0.133	0.129	0.123	0.113	0.099	0.075
0.9	0.132	0.132	0.131	0.130	0.127	0.123	0.117	0.108	0.094	0.071
0.8	0.125	0.125	0.124	0.122	0.120	0.116	0.111	0.102	0.089	0.067
0.7	0.117	0.116	0.116	0.115	0.112	0.109	0.104	0.096	0.083	0.063
0.6	0.107	0.107	0.106	0.105	0.103	0.100	0.096	0.088	0.077	0.058
0.5	0.097	0.096	0.096	0.095	0.093	0.090	0.086	0.080	0.070	0.053
0.4	0.084	0.083	0.083	0.082	0.081	0.079	0.075	0.070	0.062	0.048
0.3	0.069	0.068	0.068	0.068	0.067	0.065	0.063	0.059	0.052	0.040
0.2	0.051	0.051	0.050	0.050	0.049	0.048	0.047	0.045	0.040	0.032
0.1	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	0.027	0.026	0.024	0.021
0.09	0.026	0.026	0.026	0.026	0.025	0.025	0.025	0.024	0.022	0.019
0.08	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023	0.022	0.022	0.020	0.017
0.07	0.021	0.021	0.021	0.021	0.020	0.020	0.020	0.019	0.018	0.016
0.06	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.017	0.017	0.017	0.016	0.014
0.05	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.014	0.014	0.013
0.04	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.011	0.010
0.03	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.008
0.02	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006
0.01	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003

<sup>a</sup> $S = L_1/L_2$  and  $\alpha = (L_1 \times L_2)/D^2$  (see Figure 2.22). From McGuire (1953). Reproduced by permission of The Controller, HMSO. © Crown copyright.

Ett antagande är att en klädställning brinner som en pölbrand. Då en klädställning har arean 2 m<sup>2</sup> mot golvet blir diametern 1,6 m. Flamhöjden beräknas till 2,24 m enligt nedan.

$$L = -1.02 \cdot 1,6 + 0.235(1100^{2/5})$$

$$L = 2,24 \text{ m}$$

Synfaktorn beräknas till 0,32688 enligt nedan.

$$L_1 = 0,8 \text{ m}$$

$$L_2 = 1,12 \text{ m}$$

$$D = 1,5 \text{ m}$$

$$S = 0,7$$

$$A = 0,398$$

$$\phi_{del} = 0,08172$$

$$\phi_{tot} = 4 \cdot \phi_{del} = 0,32688$$

Emissivitet antas till 1.

$$\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$$

Flamtemperatur T antas till 1000 K (Bengtsson, et al., 2005). Strålningen beräknas till 18,5 kW/m<sup>2</sup> enligt nedan.

$$\dot{q}'' = 0,32688 \cdot 1 \cdot 5,67 \times 10^{-8} \cdot 1000^4$$

$$\dot{q}'' = 18,5 \text{ kW/m}^2$$

### Strålningsberäkning scen

Nedan presenteras beräkningar av strålningsintensitet för scenbranden.

Diametern för branden är 7 m. Effekten för branden är 22,5 MW. Strålningen beräknas vid avståndet 21 m från scenen. Flamhöjden beräknas med ekvation 18.2.1 nedan till 5,8 m.

$$L = -1.02D + 0.235(\dot{Q}^2/5) \quad \text{Ekvation 18.2.1}$$

$$L = 5,8 \text{ m}$$

Synfaktorn beräknas till 0,0288.

$$L_1 = 3,5 \text{ m}$$

$$L_2 = 5,8 \text{ m}$$

$$D = 21 \text{ m}$$

$$S = 0,603$$

$$A = 0,048$$

$$\phi_{del} = 0,0144$$

$$\phi_{tot} = 2 \cdot \phi_{del} = 0,0288$$

Emissivitet antas till 1.

$$\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$$

Flamtemperaturen T antas till 1293 K (Bengtsson, et al., 2005).

$$\dot{q}'' = 4,5 \text{ kW/m}^2$$

## 18.3 Bilaga 3 Statistik

Här presenteras i Tabell 18.1 den statistik som sannolikhetsbedömningen baseras på. Statistiken är tagen från MSB:s databas IDA som bland annat innehåller statistik från Sveriges räddningstjänster (MSB, 2015).

Tabell 18.1 Statistik från MSB över bränders startutrymmen

Utrymme	Antal fall (2007-2013)	Antal fall per år
Totalt	621	88,71
Toalett	23	3,29
Bastu	101	14,43
Fläktrum	10	1,43
Fristående förråd	54	7,71
Förråd/klädkammare	11	1,57
Höupplag/loge/lada	2	0,29
Kontor	10	1,43
Korridor	15	2,14
Källare	11	1,57

Kök	38	5,43
Personalutrymme	11	1,57
Samlingslokal	45	6,43
Skorsten	1	0,14
Tvättstuga	16	2,29
Utanför byggnad	63	9,00
Balkong/altan	5	0,71
Försäljningslokal	6	0,86
Pannrum	7	1,00
Soprum	1	0,14
Datacentral	3	0,43
Elrum	13	1,86
Garage	4	0,57
Hall	8	1,14
Lager	2	0,29
Produktionslokal	4	0,57
Trapphus	2	0,29
Upplag	1	0,14
Verkstad	4	0,57
Vind	4	0,57
Okänt	19	2,71
Annat	127	18,14

## 18.4 Bilaga 4 Handberäkningar utrymning

Nedan redovisas handberäkningar för utrymning för de tre olika scenarierna.

### 18.4.1 Förflyttningstid

Handberäkningsmodellen som användes för förflyttningstiden ser ut på följande sätt:

$$t_{gång} = \frac{l}{v} \quad [\text{s}] \quad \text{Ekvation 18.4.1}$$

$$t_{dörr} = \frac{n}{b \cdot f} \quad [\text{s}] \quad \text{Ekvation 18.4.2}$$

(Boverket, 2006)

Värden för gånghastighet och personflöde som användes finns i Tabell 18.2.

Tabell 18.2 Gånghastighet och personflöde vid hög persontäthet (Boverket, 2006)

Förbindelse	Gånghastighet [m/s]	Minsta bredd [m]	Personflöde [pers/(s·m)]
Horisontell	0,6	0,9	1,2
Uppför trappa	0,5	0,9	-
Nedför trappa	0,6	0,9	1
Dörr	-	0,8	0,75-1,1

### 18.4.2 Scenbrand

Nedan följer beräkningen för scenbranden. Två beräkningar har gjorts, en för en person på arenagolvet och en för en person på övre läktaren.

#### Arenagolvet

Här är det ett personantal på 800 personer som ska utrymma genom en dörr med bredden 2,5 m, på ett avstånd på 48 m.

$$t_{gång} = \frac{48}{0,6} = 80 \text{ s}$$

$$t_{dörr} = \frac{800}{2,5 \cdot 1,1} = 291 \text{ s}$$

$$t_{förflyttning} = 371 \text{ s}$$

#### Övre läktaren

Här är det ett personantal på 191 personer som ska utrymma genom en dörr med bredden 1,2 m, på ett avstånd på 28,5 m.

$$t_{gång} = \frac{18,5}{0,4} + \frac{5}{0,3} + \frac{5}{0,5} = 73 \text{ s}$$

$$t_{dörr} = \frac{191}{1,2 \cdot 1,1} = 145 \text{ s}$$

$$t_{förflyttning} = 218 \text{ s}$$

Här användes en gånghastighet på 0,4 m/s på läktaren och en på 0,3 m/s i en läktargång. Dessa uppskattningar baseras på att det vid platsbesök ansågs obehagligt att ta sig fram där vilken kan ge upphov till en lägre gånghastighet.

### 18.4.3 Garderobsbrand

Beräkningarna har gjorts för en person som befinner sig inne på arenagolvet, och skall ta sig ut genom huvudentrén i södra foajén.

Här är det ett personantal på 757 personer som ska utrymma genom en dörr med bredden 2 m, på ett avstånd på 70 m.

$$t_{gång} = \frac{44}{0,6} + \frac{26}{0,6} = 117 \text{ s}$$

$$t_{dörr} = \frac{757}{2 \cdot 1,1} = 345 \text{ s}$$

$$t_{förflyttning} = 462 \text{ s}$$

### 18.4.4 Kioskbrand

Beräkningarna har gjorts för en person som befinner sig i norra delen av foajén och ska ta sig ut genom den södra utgången, mot huvudingången.

Här är det ett personantal på 335 personer som ska utrymma genom en dörr med bredden 2,4 m, på ett avstånd på 30 m.

$$t_{gång} = \frac{30}{0,6} = 50 \text{ s}$$

$$t_{dörr} = \frac{335}{2,4 \cdot 1,1} = 127 \text{ s}$$

$$t_{förflyttning} = 177 \text{ s}$$



## 18.5 Bilaga 5 Utrymningssimulering

Nedan redovisas mer ingående utrymningssimuleringarna utförda i simuleringsprogrammet Simulex.

Tabell 18.3. Fria passagemått för utgångar och passager inom arenan.

Passage	Fritt passagemått [m]
Läktartrappor i läktare mellan plan 1 och 2	0,90
Läktartrappor från plan 3	1,0
Samtliga trapphus, utom nordvästra trapphuset	2,4
Trapphus, nordväst	2,48
Trappor till huvudentré	Plan 2: 3,5 Plan 1: 5,0
Spiraltrappor från administrativ avdelning på plan 3	1,0
Passager ut från arenagolv – mitten	2,6
Passager ut från arenagolv – nordväst och sydväst	2,41
Passage ut från arenagolv – väst	2,0
Medelbredd stolsrader	0,85

Tabell 18.4. Fria passagemått för utgångar till det fria.

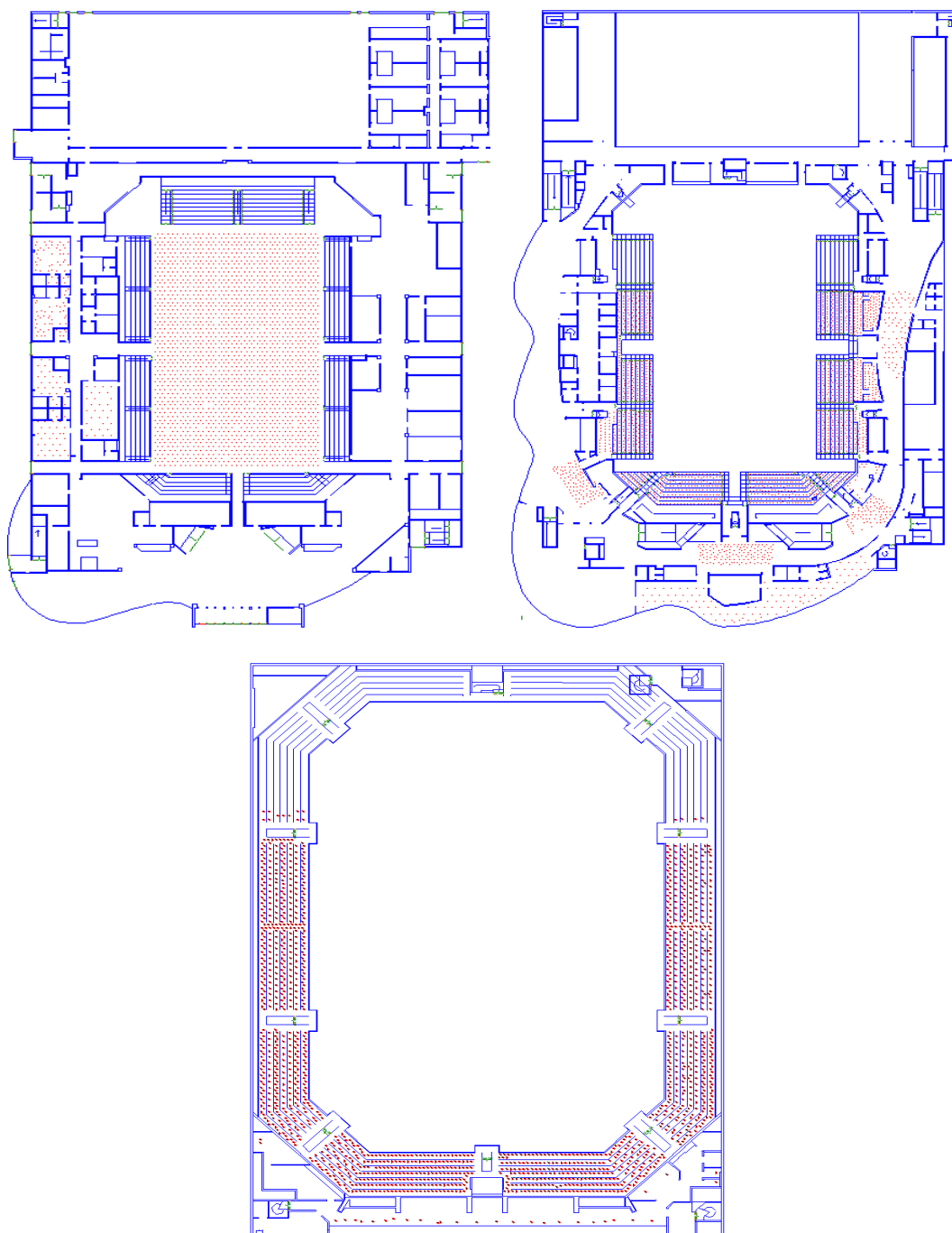
Utgång	Fritt passagemått [m]
1,2,3,4,5,6,7,8,14,15,16,17,18,19,21,22,23,24,25	1,31
9,10,11,12,13,26,27,28,29,30,31	2,41
20	2,72
32	2,82
33	1,39

### 18.5.1 Scenbrand

I detta avsnitt presenteras personuppställning i Simulex i form av bilder för de olika scenarierna för scenbranden. Detta jämförs också med FDS-bilder vid samma tidpunkt.

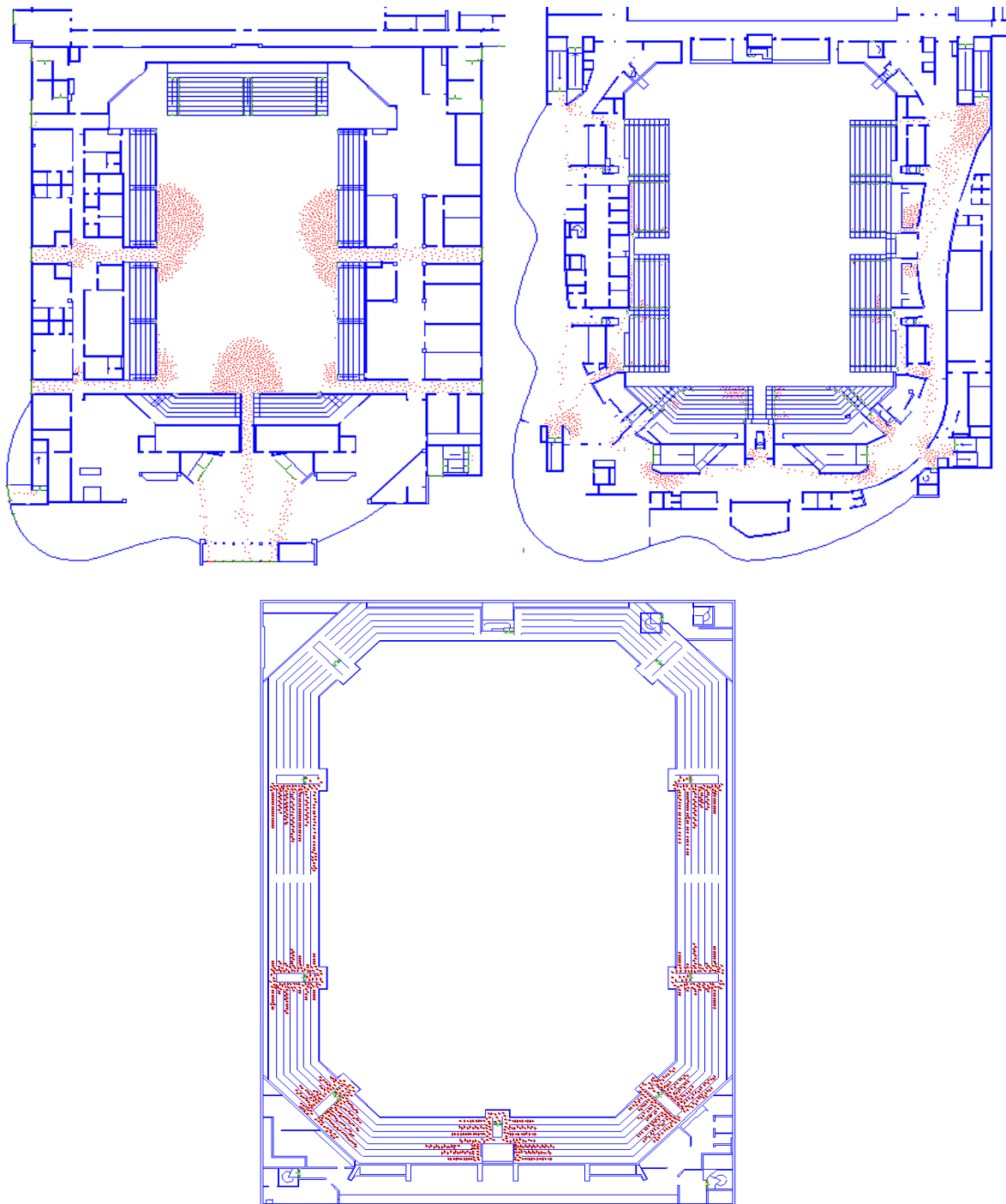
#### 18.5.1.1 Scenbrand - Grundscenario

I detta avsnitt presenteras personuppställning visuellt med hjälp av bilder från utrymningssimuleringen i Simulex samt bilder på rökspridningen från simuleringen i FDS.

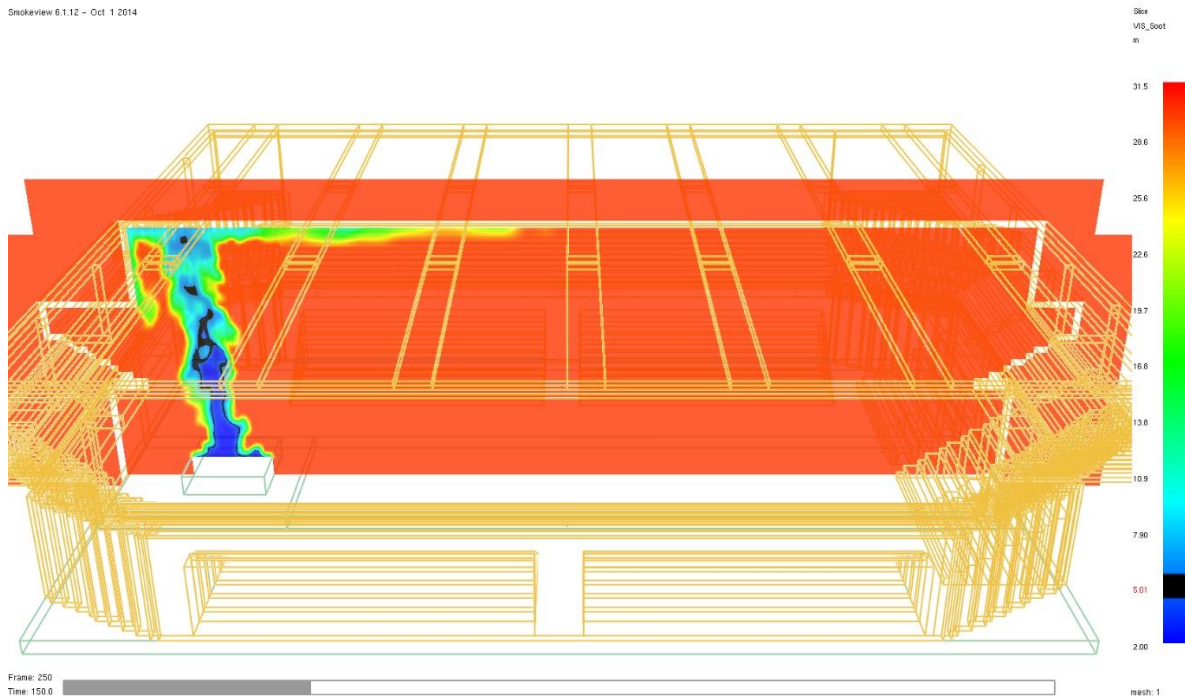


Figur 18.7. Simuleringens utseende vid simuleringens start. Plan 1 uppe till höger, plan 2 uppe till vänster och plan 3 nedre bilden.

Vid simuleringens start är personer fördelade över arenans ytor, till största del efter uppgifter från driftansvarig på arenan och enligt arkitektens A-ritningar i andra fall har persontätheten antagits efter kvalitativa resonemang. 5650 personer finns vid simuleringens start i arenan.

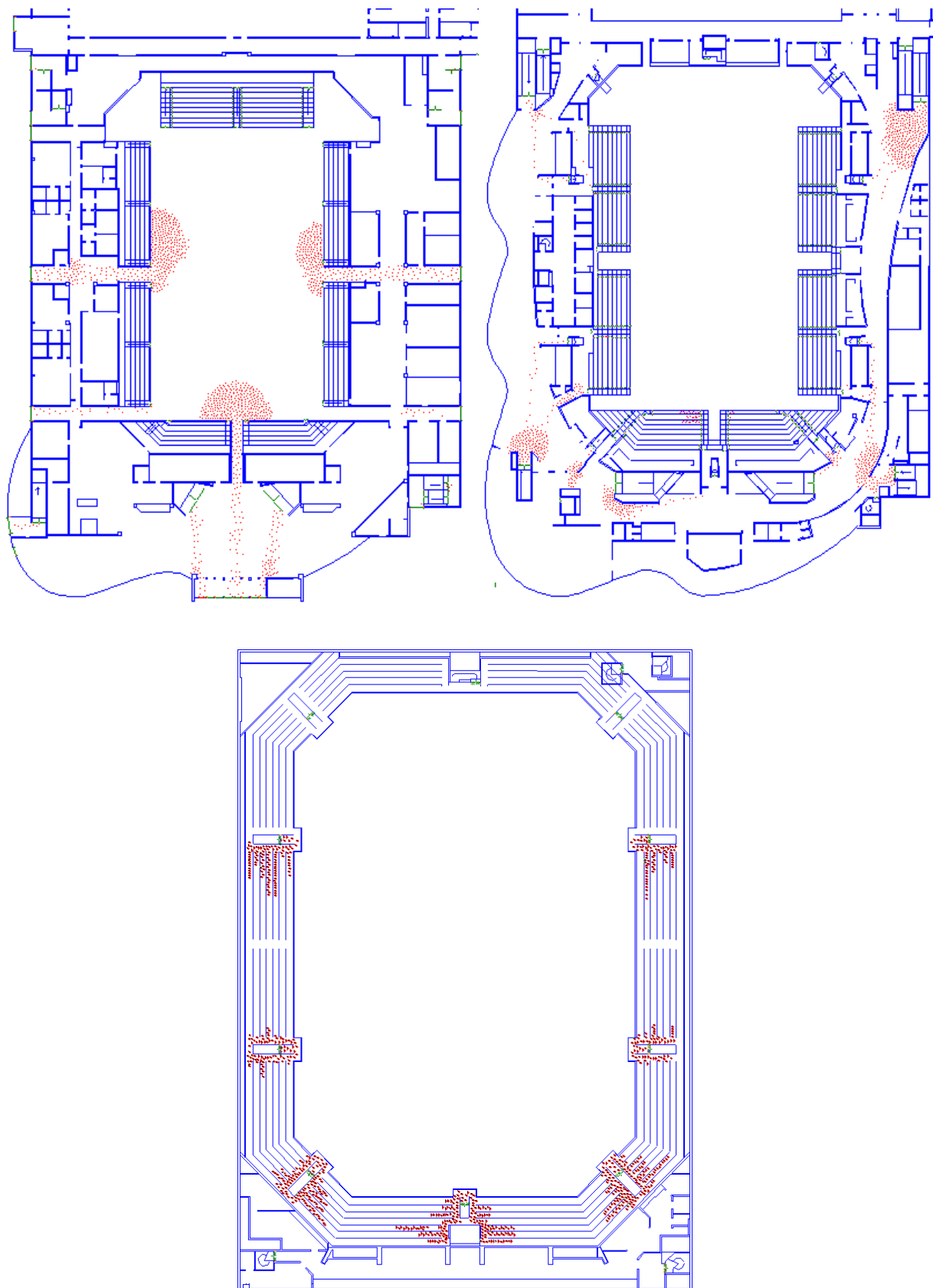


Figur 18.8. Simuleringens utseende 60 sekunder efter påbörjad utrymning. Plan 1 uppe till höger, plan 2 uppe till vänster och plan 3 nedre bilden.

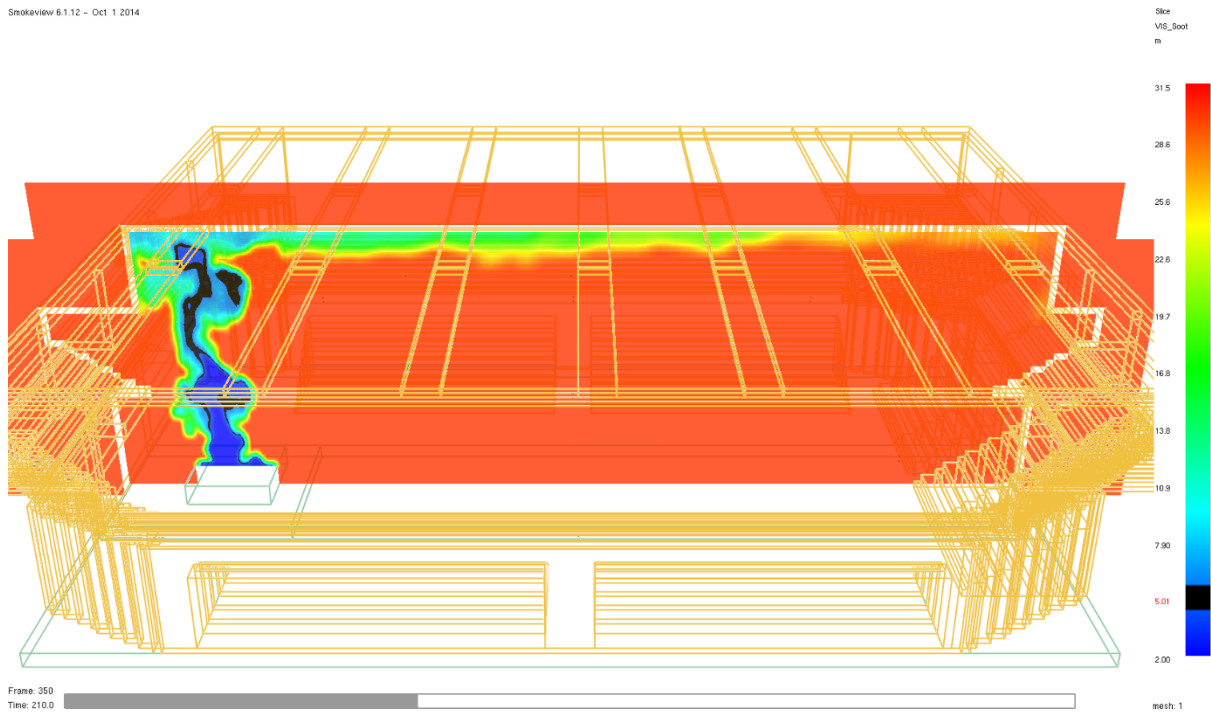


Figur 18.9 Rökspridningens utseende 60 sekunder efter påbörjad utrymning.

En minut efter påbörjad utrymning finns 4922 personer kvar i arenan. Människor börjat röra sig mot nödutgångarna och köbildning uppstår vid smala passager och runt trappor. Större del av läktare mellan plan 1 och 2 är nu utrymt.

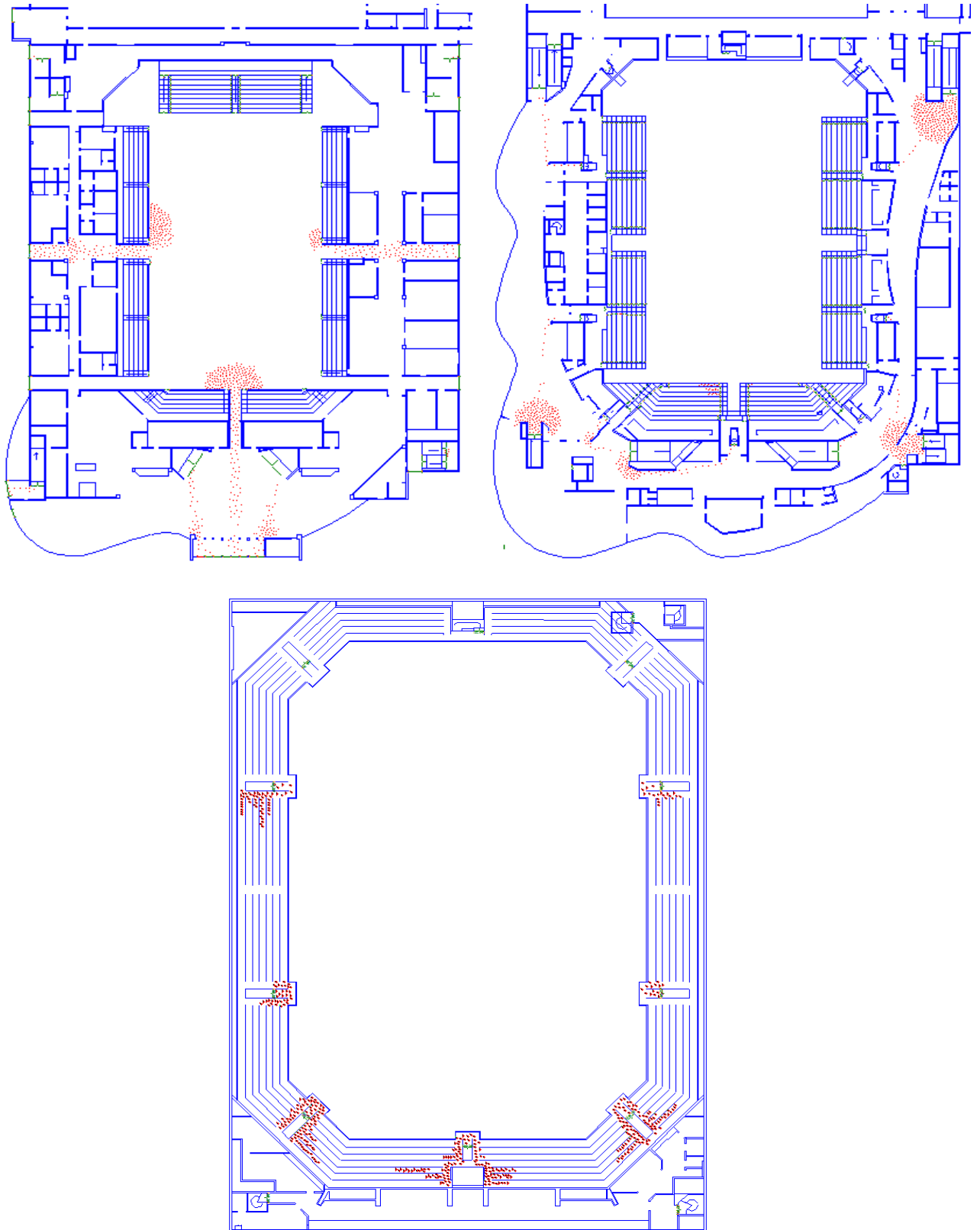


Figur 18.10 Simuleringens utseende 120 sekunder efter påbörjad utrymning. Plan 1 uppe till höger, plan 2 uppe till vänster och plan 3 nedre bilden.

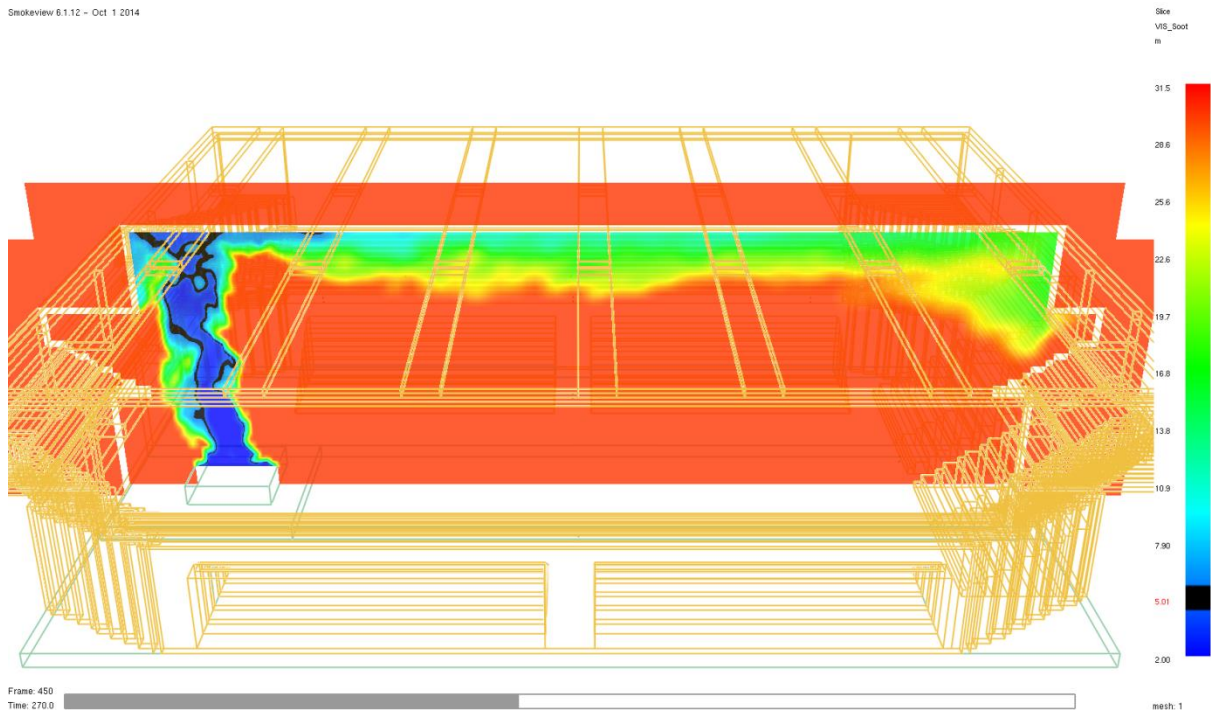


Figur 18.11 Rökspridningens utseende 120 sekunder efter påbörjad utrymning.

Två minuter efter påbörjad utrymning finns 3586 människor kvar i arenan. Fortsatt köbildning vid passager och runt trappor. Början till ett brandgaslager har bildats vid taket.



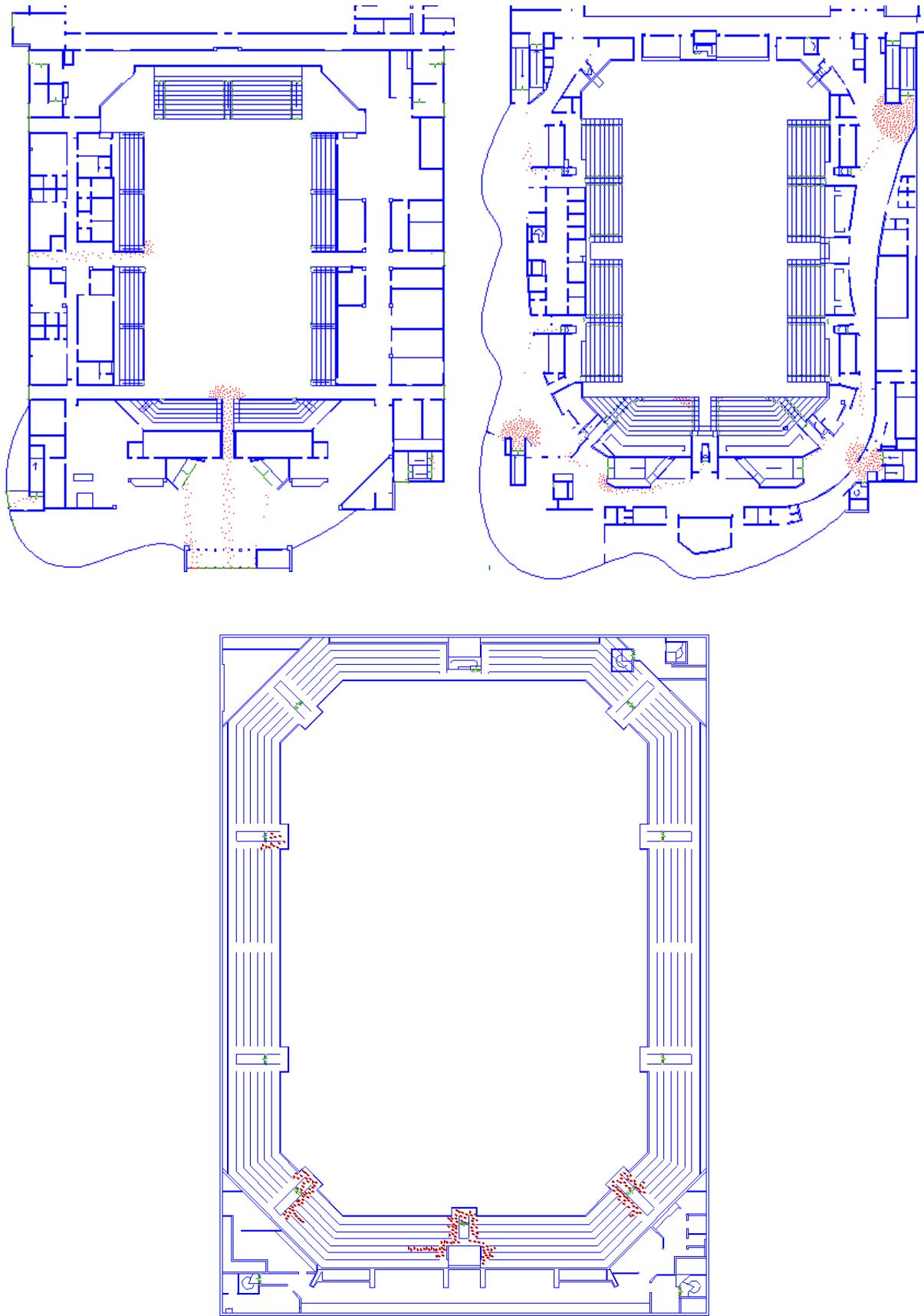
Figur 18.12 Simuleringens utseende 180 sekunder efter påbörjad utrymning. Plan 1 uppe till höger, plan 2 uppe till vänster och plan 3 nedre bilden.



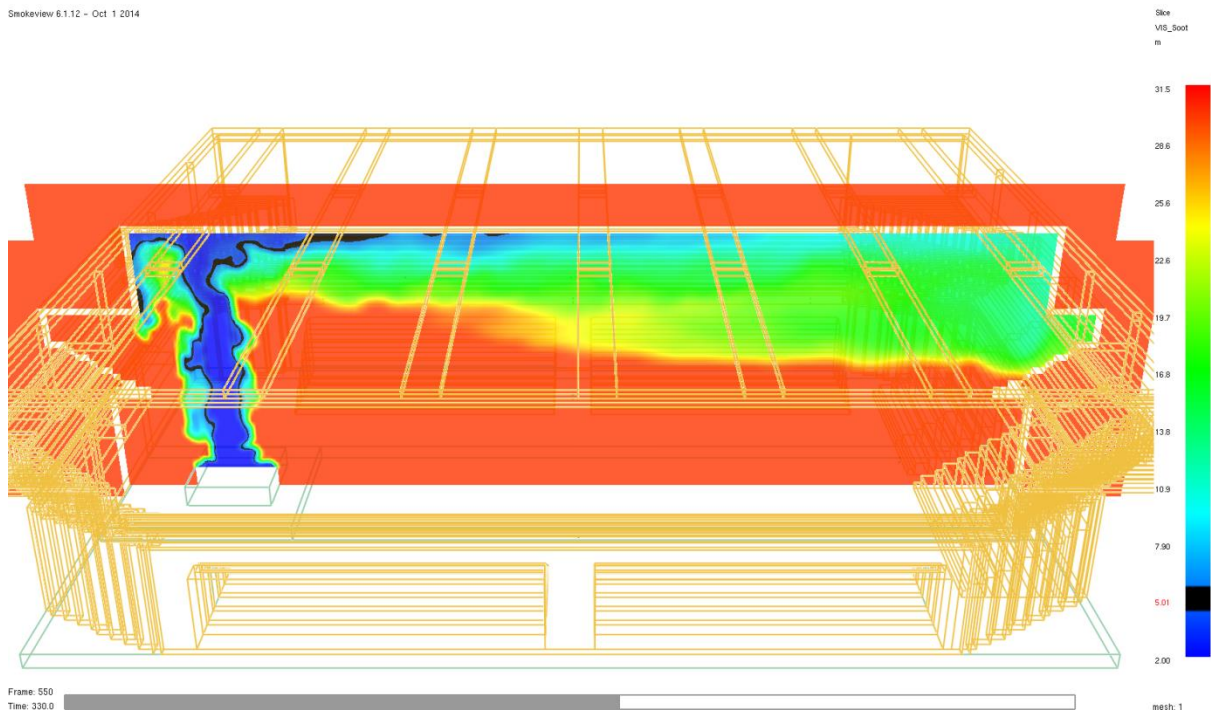
Figur 18.13 Rökspridningens utseende 180 sekunder efter påbörjad utrymning.

Tre minuter efter påbörjad utrymning finns 2489 människor kvar i arenan. Röken är nu framme vid kortsidan mitt emot branden och närmar sig den övre läktaren.



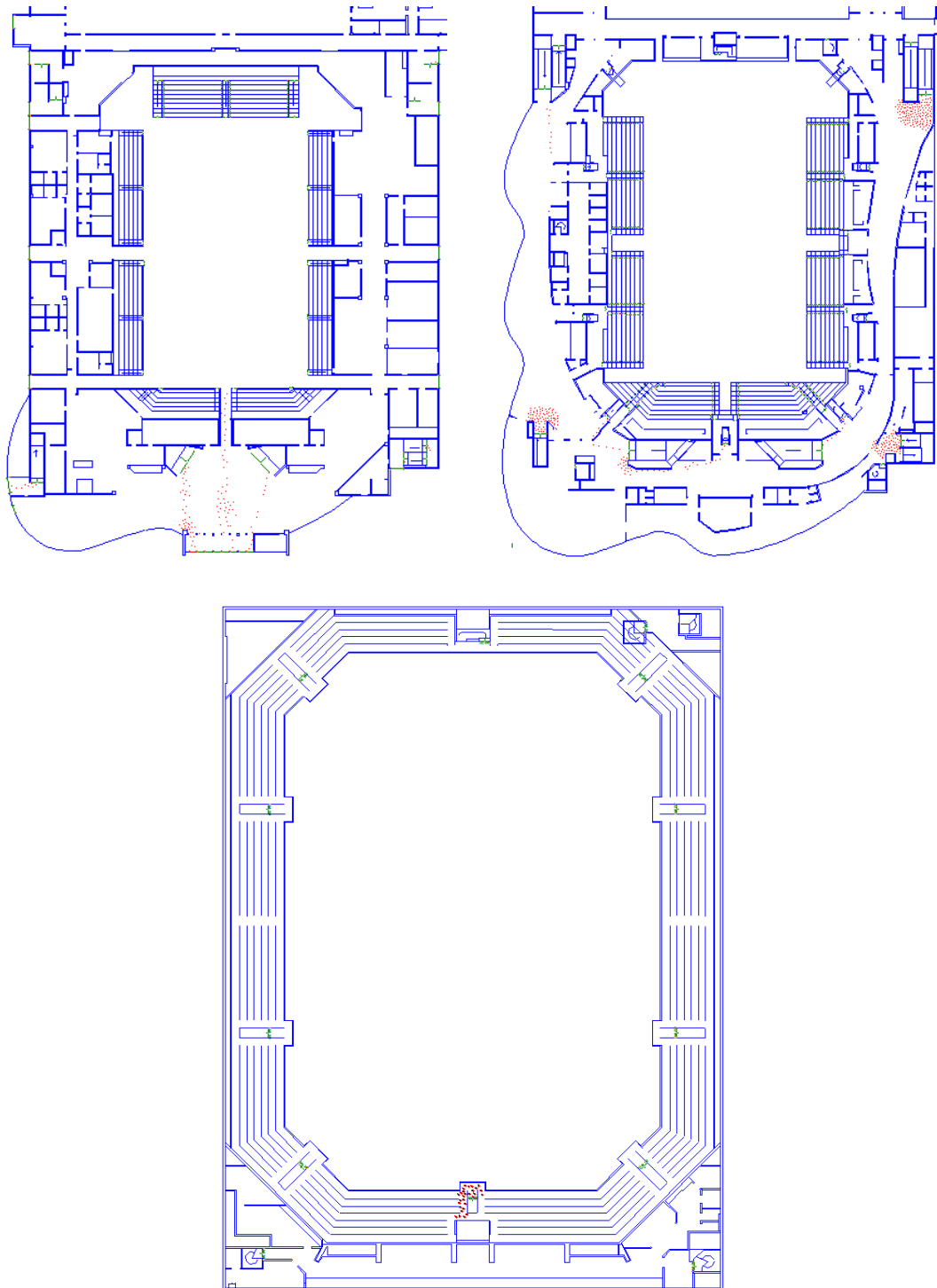


Figur 18.14. Simuleringens utseende 240 sekunder efter påbörjad simulering. Plan 1 uppe till höger, plan 2 uppe till vänster och plan 3 nedre bilden.

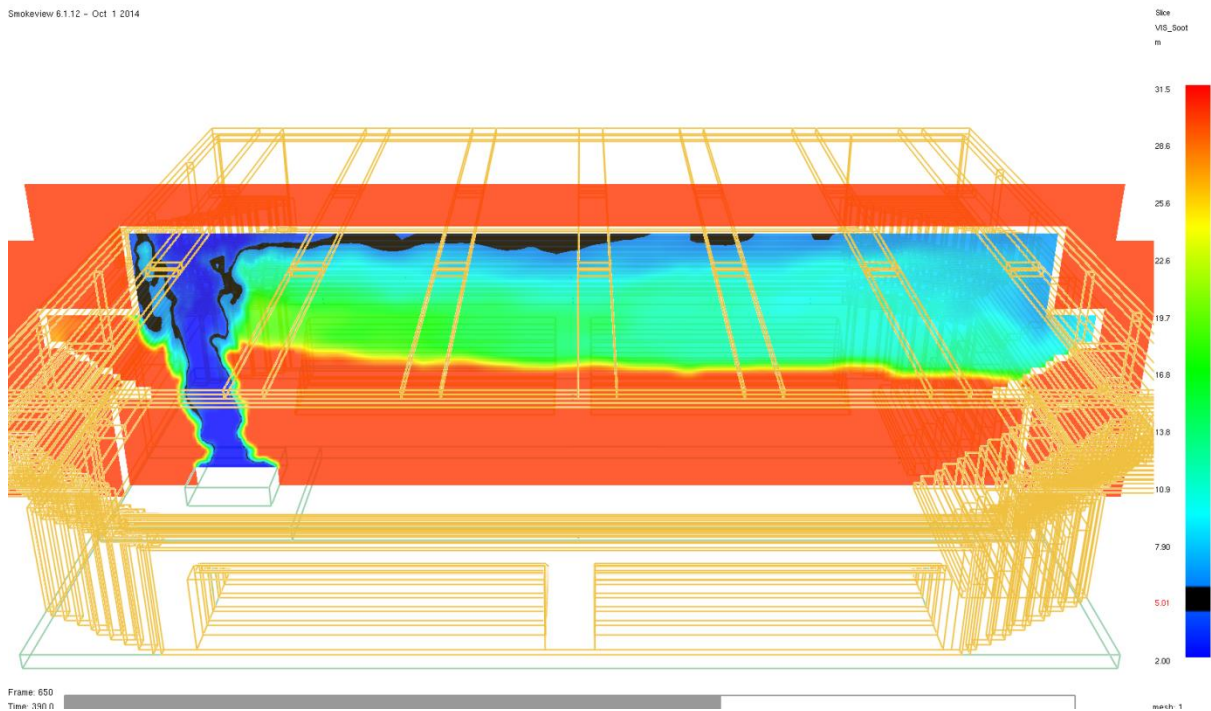


Figur 18.15 Rökspridningens utseende 240 sekunder efter påbörjad utrymning.

Fyra minuter efter påbörjad utrymning finns 1522 människor kvar i arenan. Brandgaslagret har nu spridit sig ned till översta läktaren i borte änden av arenan sett från branden. Röken är dock inte särskilt tjock och de människor som utsätts för röken borde fortfarande kunna utrymma utan större problem.

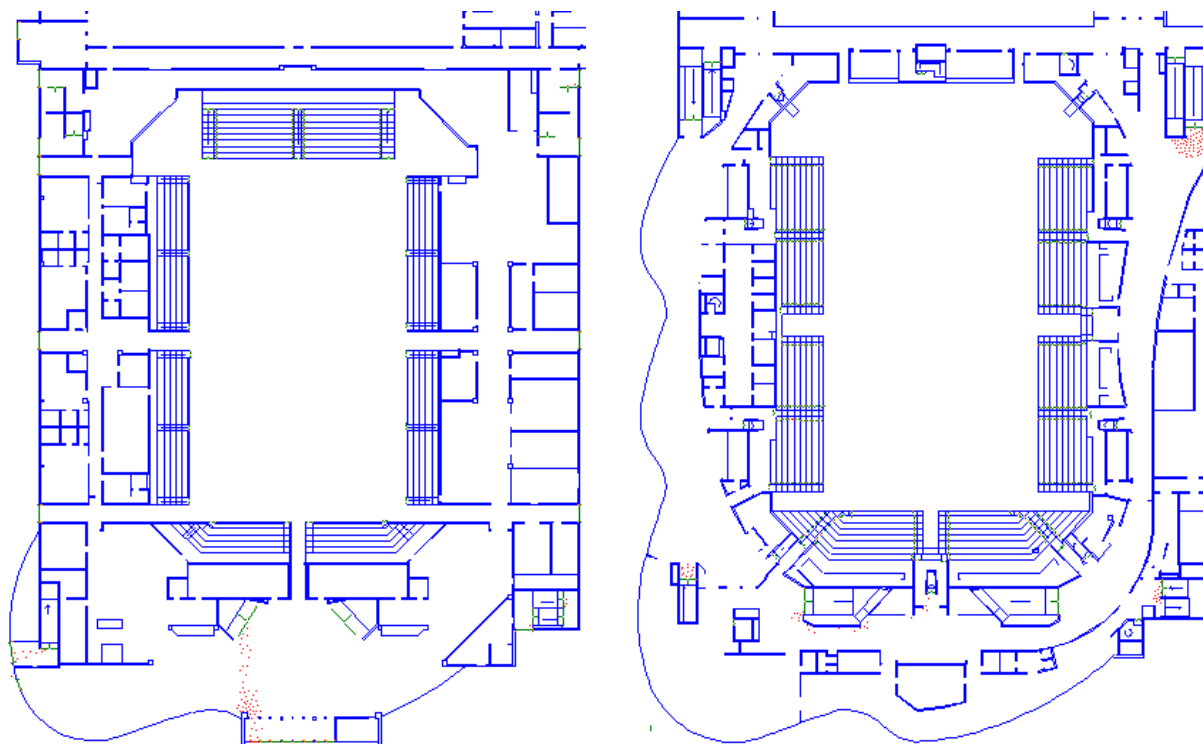


Figur 18.16. Simuleringens utseende 300 sekunder efter påbörjad utrymning. Plan 1 uppe till höger, plan 2 uppe till vänster och plan 3 nedre bilden.

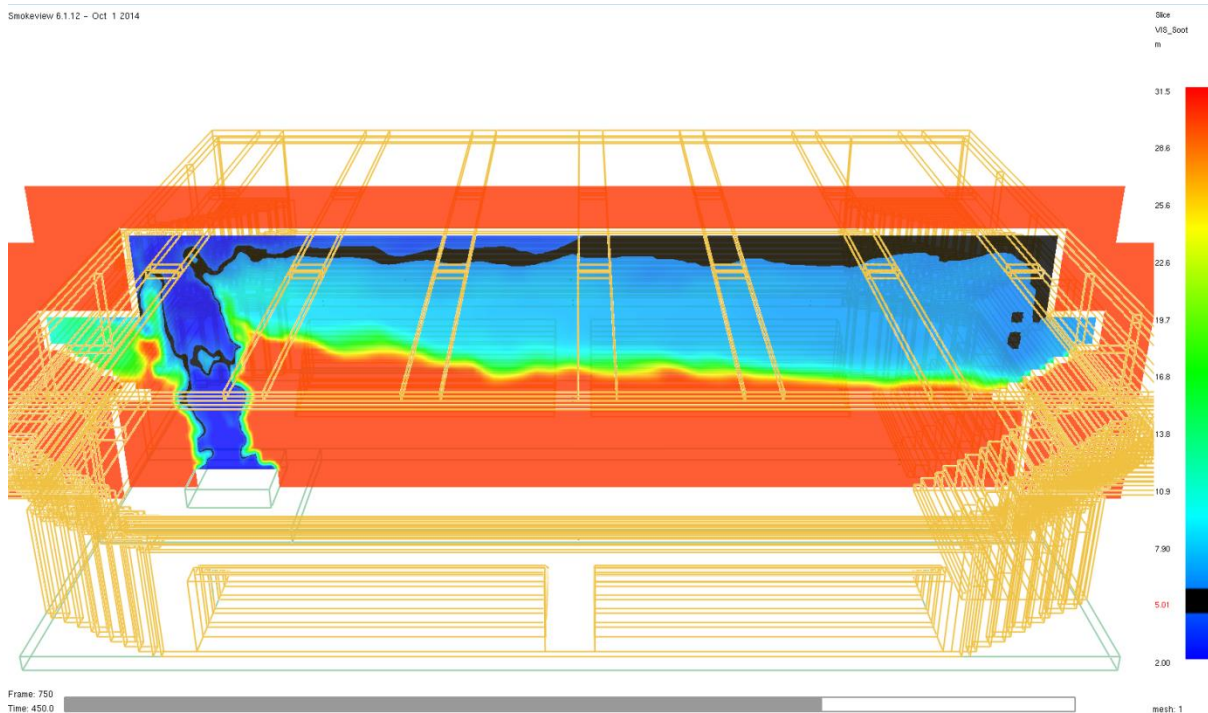


Figur 18.17 Rökspridningens utseende 300 sekunder efter påbörjad utrymning.

Fem minuter efter påbörjad utrymning finns 906 människor kvar i arenan. Arenagolvet är nu i princip helt utrymt, på plan 3 har alla utrymt utom personer vid den västliga trappan. Dessa personer befinner sig nu i brandgaslagret men sikten har fortfarande inte blivit sämre de föreslagna gränsvärdena från BBRAD 3. Köbildningen i övrigt är nu till största del lokaliserad runt sydöstra, nordvästra och sydvästra trapphuset.

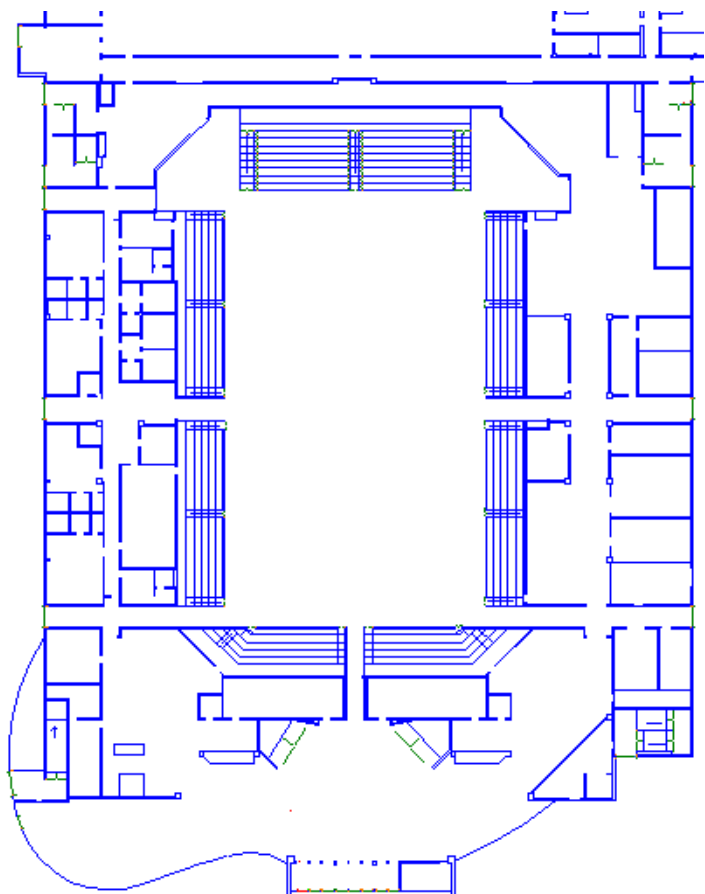


Figur 18.18. Simuleringens utseende efter 360 sekunder. Plan 1 till höger, plan 2 till vänster. Plan 3 är nu fullständigt utrymt.



Figur 18.19 Brandgaslagrets utseende 360 sekunder efter påbörjad utrymning.

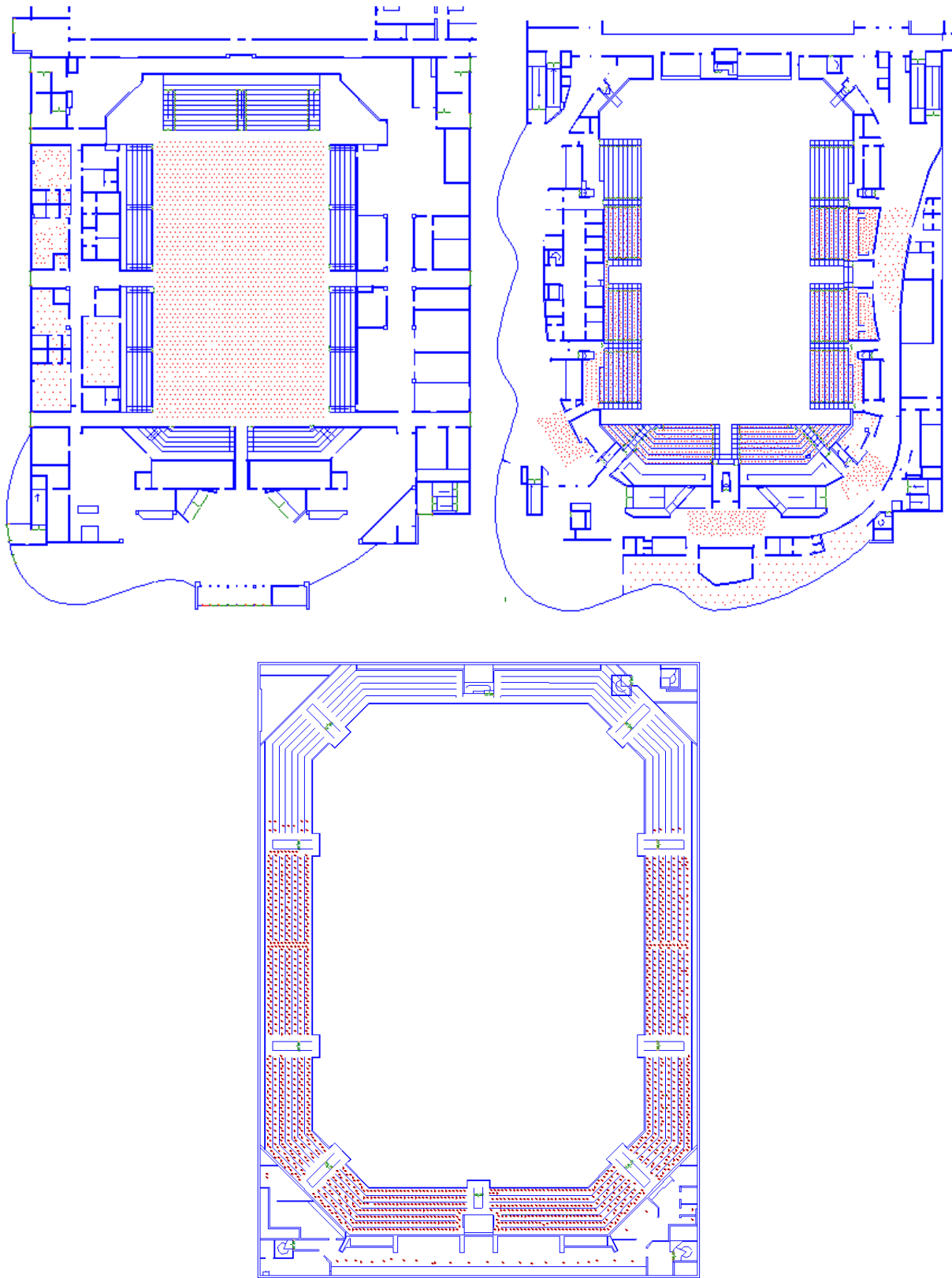
Efter sex minuter finns 455 människor kvar i arenan. Läktarna på plan 3 har nu utrymts helt. Slice filen visar att 5 meters sikt, gränsvärdet vid köbildning i BBRAD 3, har börjat uppstå i närheten av den västliga trappan på plan 3. Detta sker dock alltså efter att alla människor på plan 3 har utrymt.



*Figur 18.20. Simuleringens utseende 450 sekunder efter påbörjad utrymning, plan 1.*

Efter sju och en halv minut finns 9 människor kvar i arenan. Arenan är helt utrymd kort därefter.

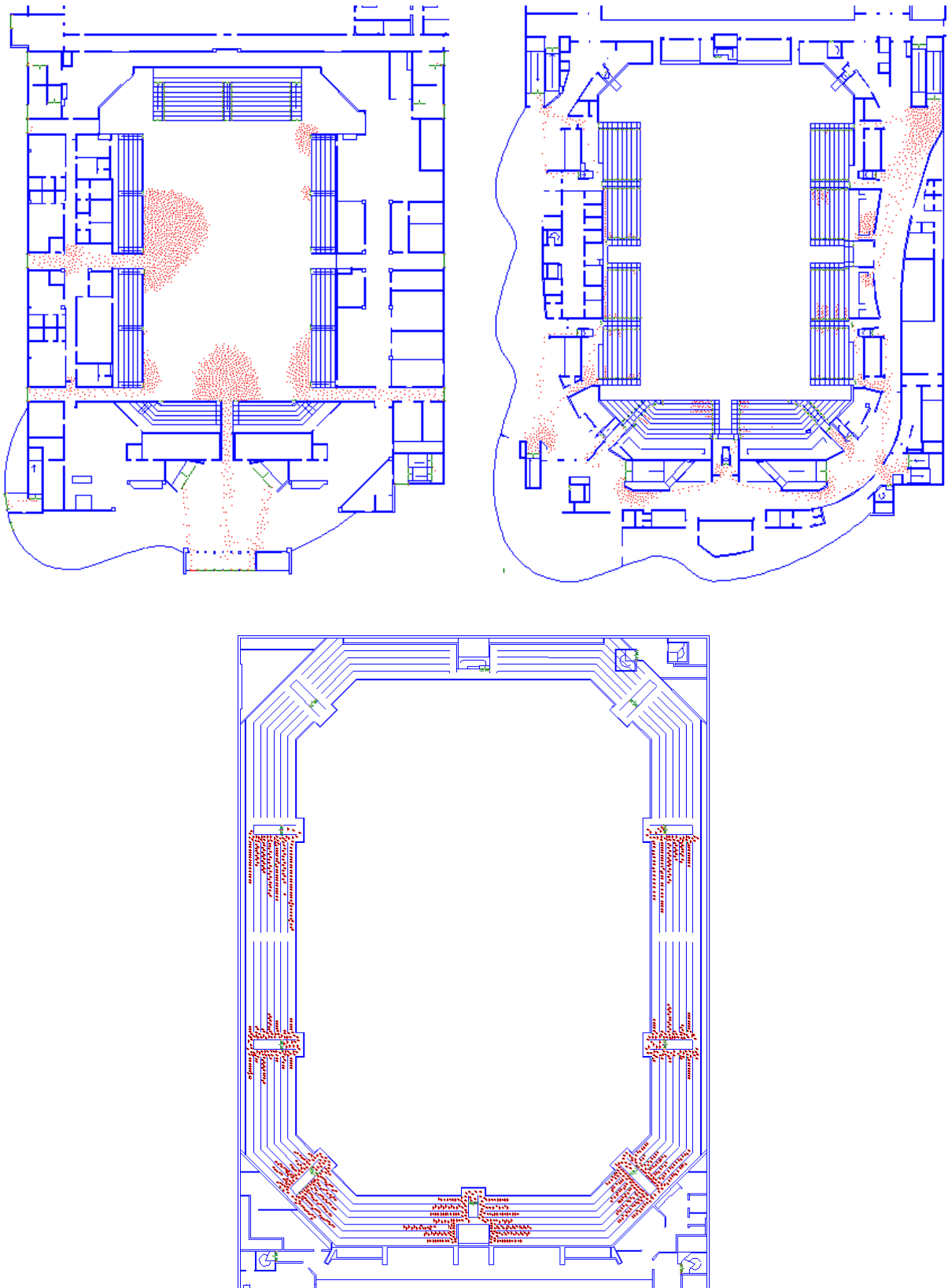
18.5.1.2 Scenbrand - 1A



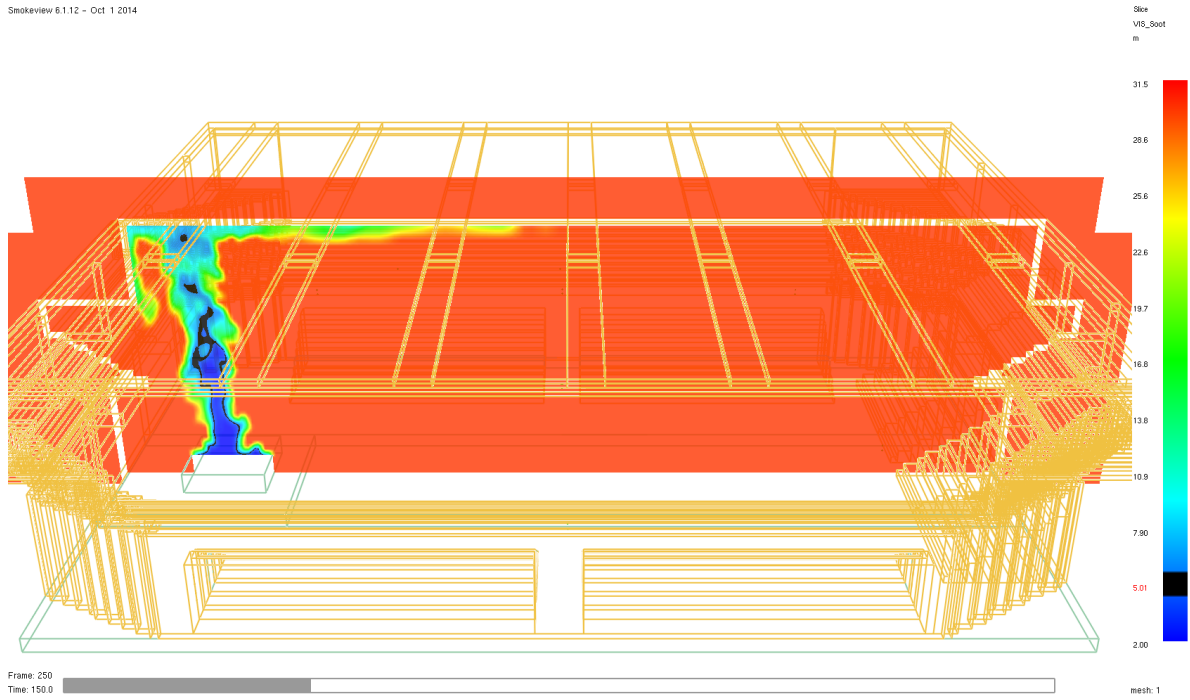
Figur 18.21. Simuleringens utseende vid simuleringens start. Plan 1 uppe till höger, plan 2 uppe till vänster och plan 3 nedre bilden.

Vid simuleringens start finns 5650 människor i arenan. Fördelning av dessa framgår av Tabell 8.1.



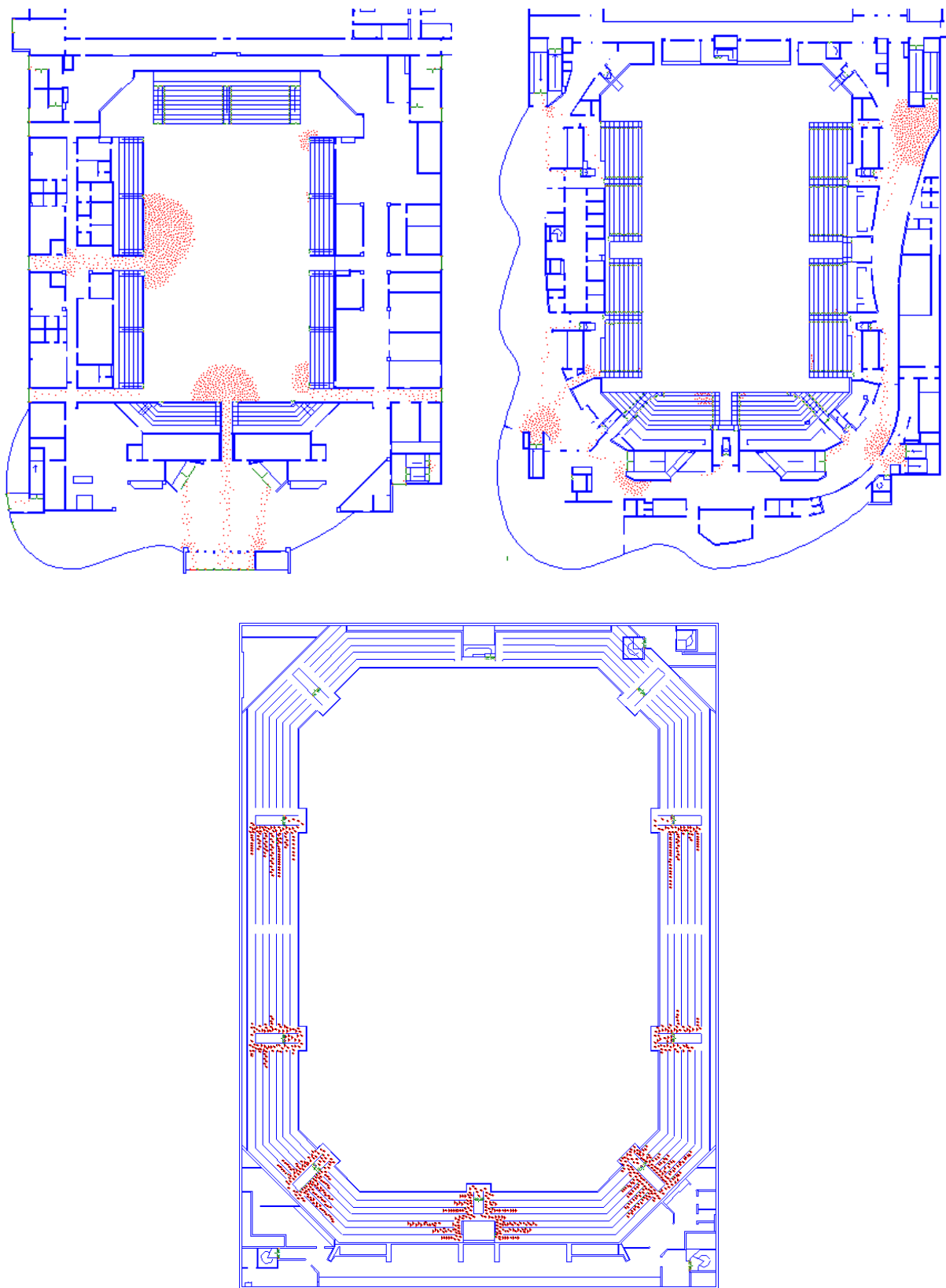


Figur 18.22. Simuleringens utseende efter 60 sekunder. Plan 1 uppe till höger, plan 2 uppe till vänster och plan 3 nedre bilden.

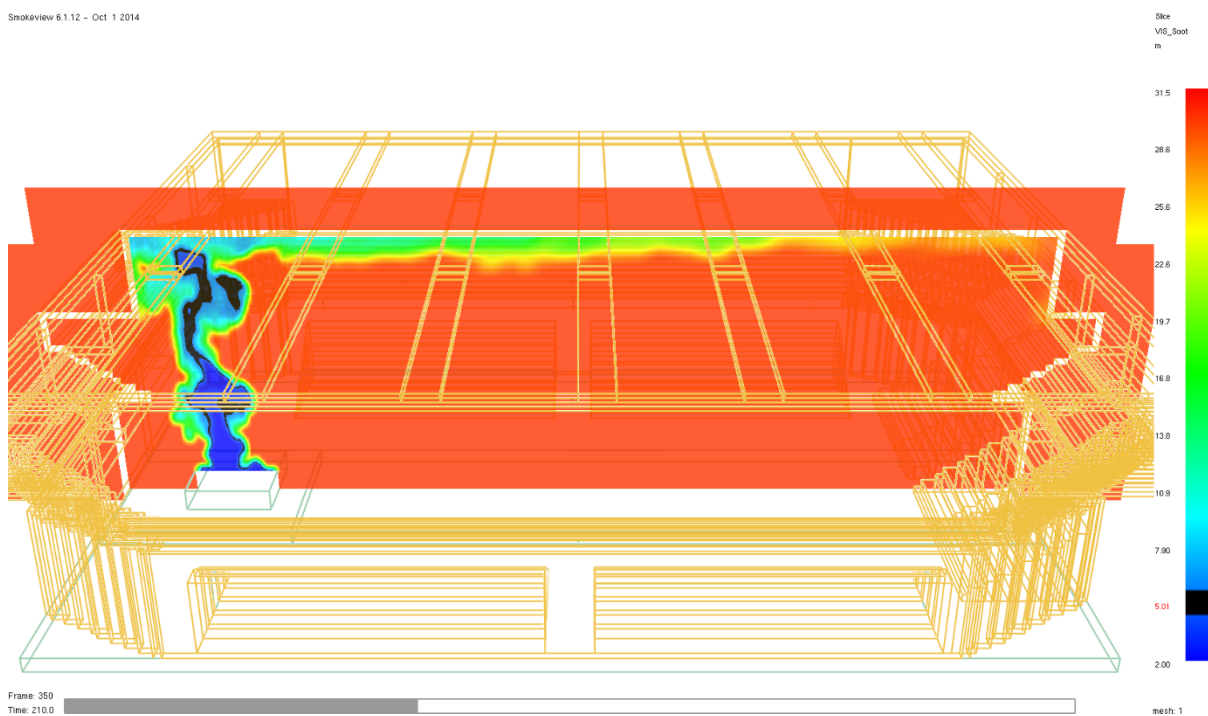


Figur 18.23 Rökspridningens utseende 60 sekunder efter påbörjad utrymning.

Efter en minut befinner sig 5018 människor i arenan. Köer har bildats vid trånga passager och runt trappor.

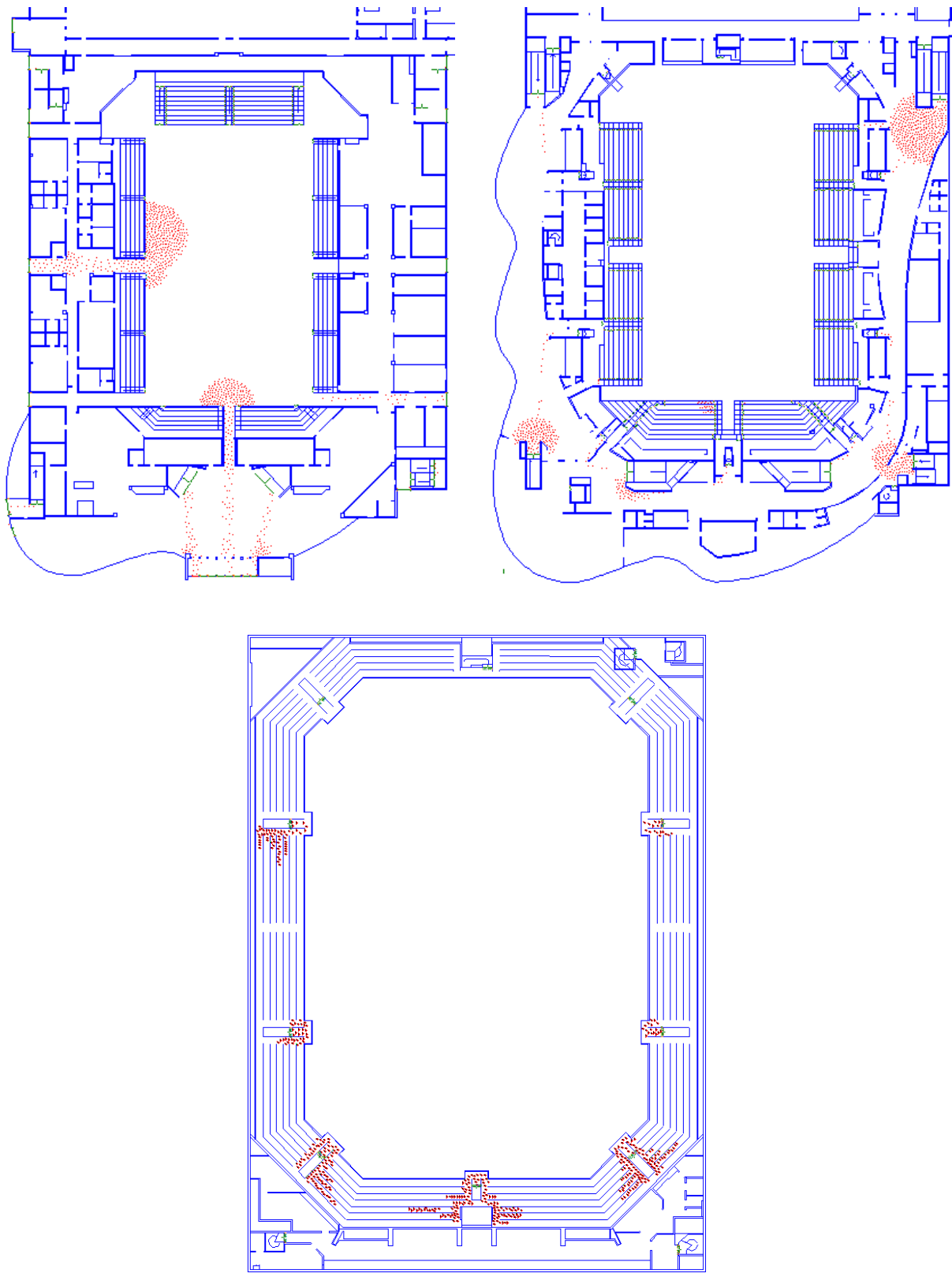


Figur 18.24. Simuleringens utseende 120 sekunder efter påbörjad utrymning. Plan 1 uppe till höger, plan 2 uppe till vänster och plan 3 nedre bilden.

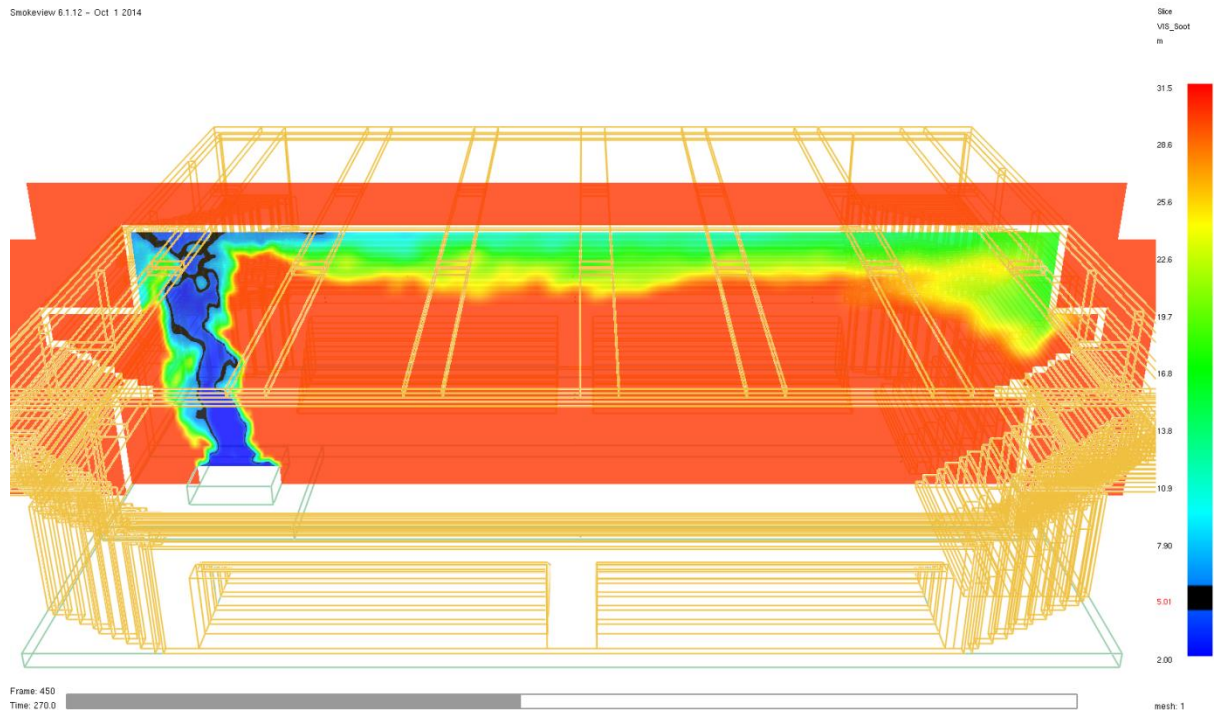


Figur 18.25 Rökspridningens utseende 120 sekunder efter påbörjad utrymning.

Två minuter efter påbörjad utrymning befinner sig 3843 människor i arenan. Större del av läktare mellan plan 1 och 2 är nu utrymd. Början till ett brandgaslager har bildats vid taket av lokalen.

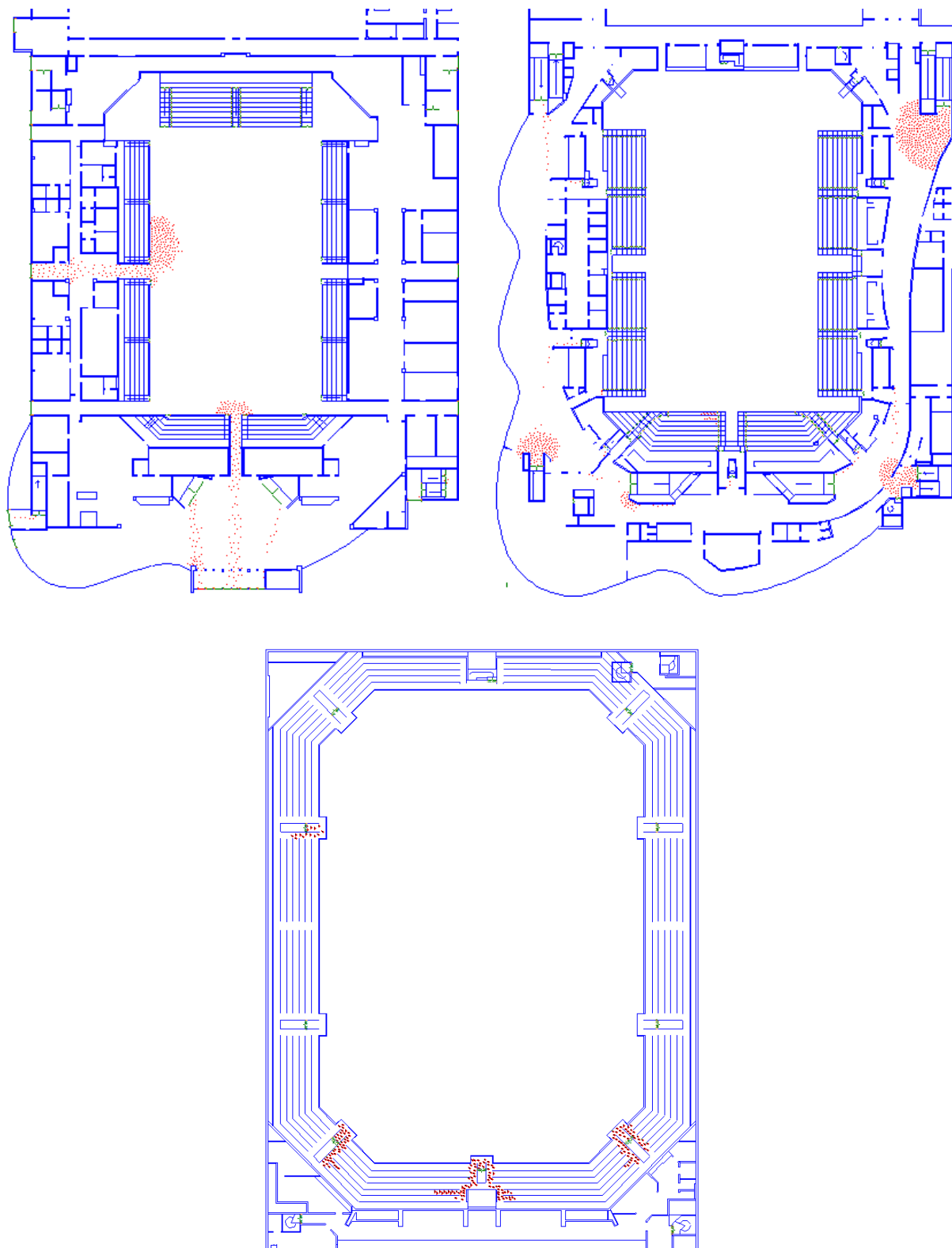


Figur 18.26. Simuleringens utseende 180 sekunder efter påbörjad utrymning. Plan 1 uppe till höger, plan 2 uppe till vänster och plan 3 nedre bilden.

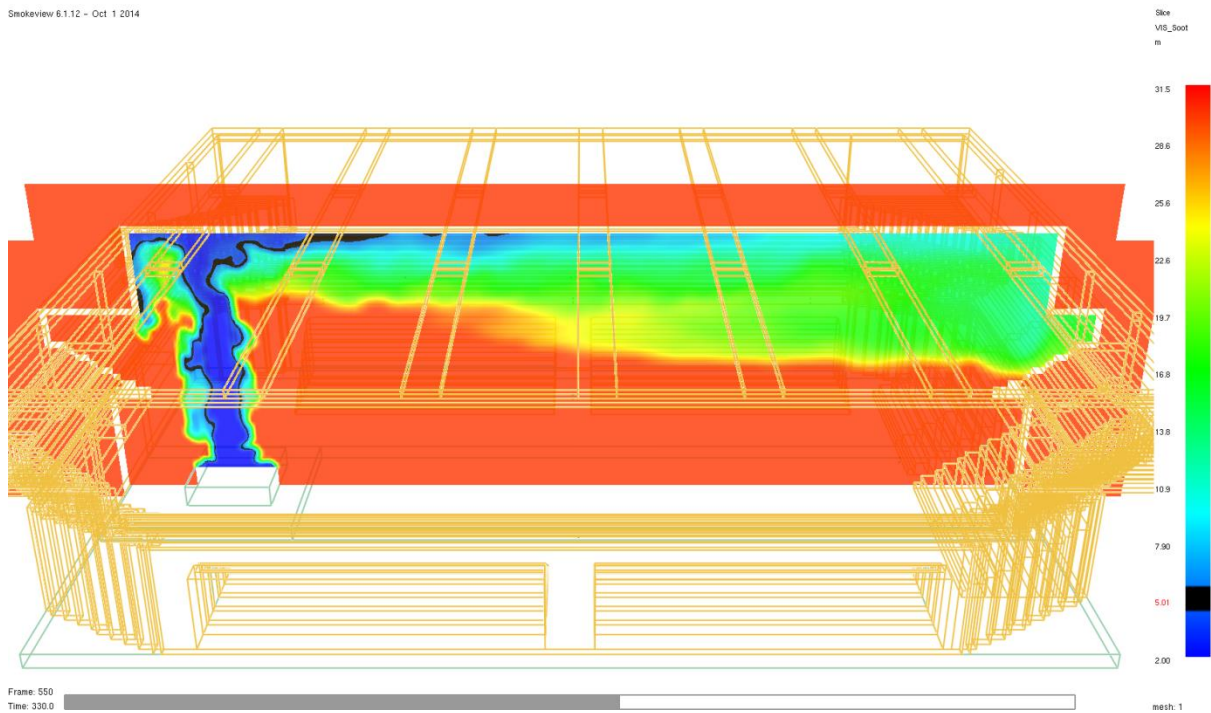


Figur 18.27 Rökspridningens utseende 180 sekunder efter påbörjad utrymning.

Tre minuter efter påbörjad utrymning befinner sig 2782 människor i arenan.



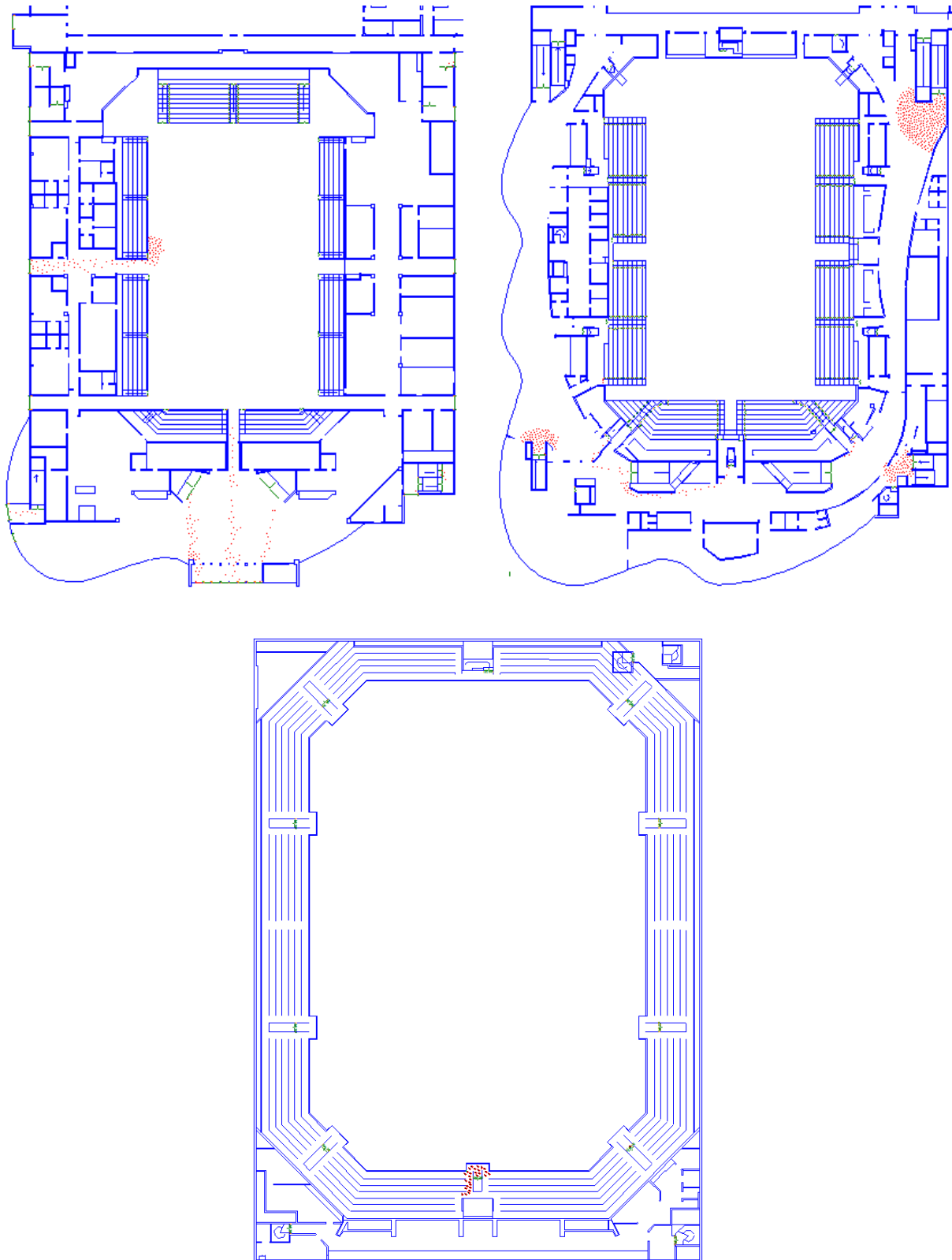
Figur 18.28. Simuleringens utseende 240 sekunder efter påbörjad utrymning. Plan 1 uppe till höger, plan 2 uppe till vänster och plan 3 nedre bilden.



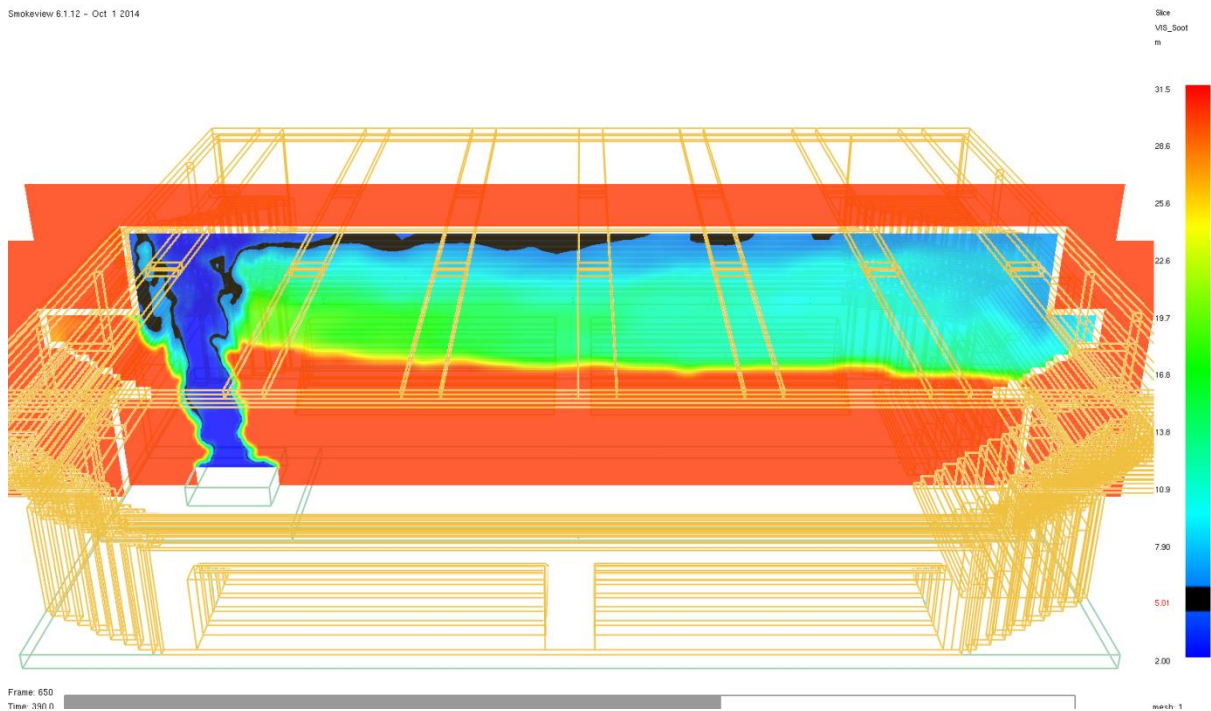
Figur 18.29 Rökspridningens utseende 240 sekunder efter påbörjad utrymning.

Fyra minuter efter påbörjad utrymning befinner sig 1914 människor i arenan. Brandgaslagret har nu spridit sig ned till översta läktaren i borte änden av arenan sett från branden. Röken är dock inte särskilt tjock och borde de människor som utsätts för röken borde fortfarande kunna utrymma utan större problem.



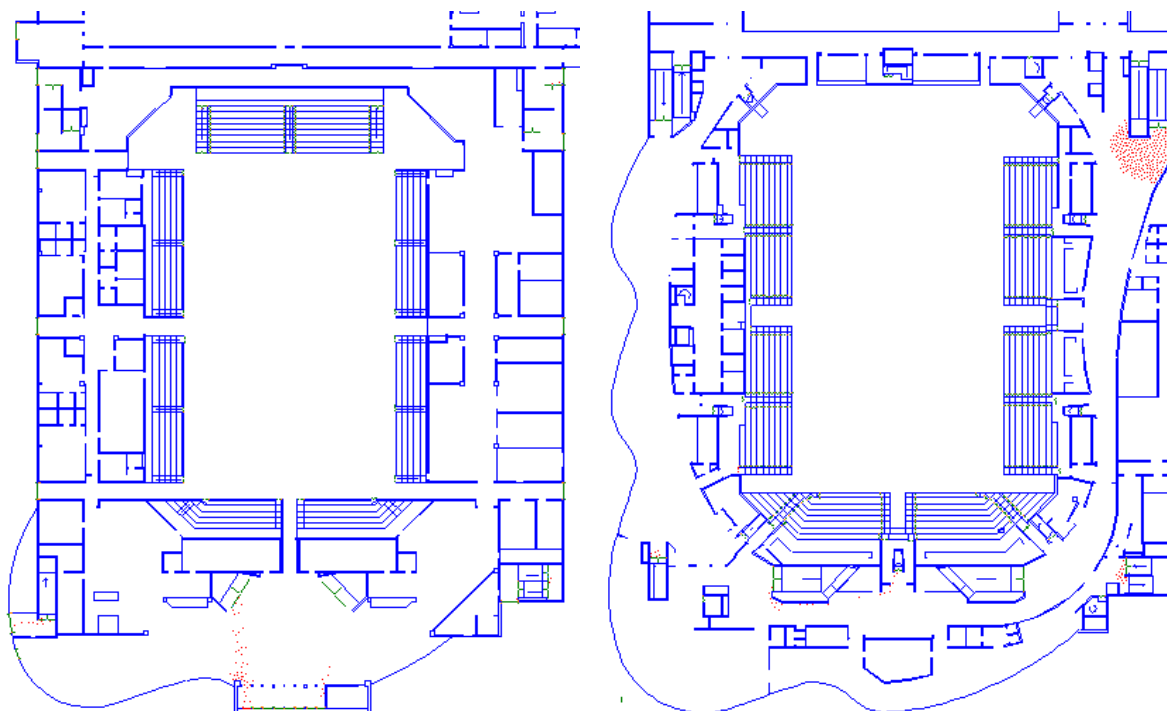


Figur 18.30. Simuleringens utseende efter 300 sekunder. Plan 1 uppe till höger, plan 2 uppe till vänster och plan 3 nedre bilden.

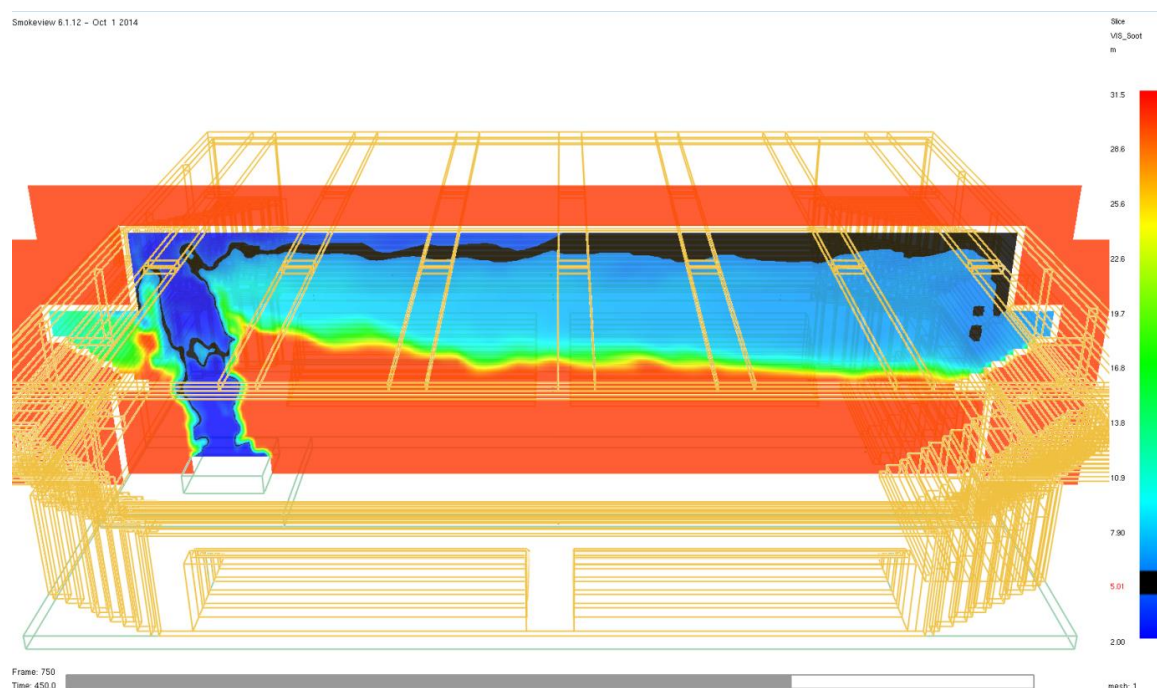


Figur 18.31 Rökspridningens utseende 300 sekunder efter påbörjad utrymning.

Efter fem minuter befinner sig 1137 människor i arenan. Läktare mellan plan 1 och 2 är nu fullständigt utrymt och plan 3 är utrymt förutom utrymmande som befinner sig vid den västra trappan.



Figur 18.32. Simuleringens utseende 360 sekunder efter påbörjad utrymning. Plan 1 till höger och plan 2 till vänster. Plan 3 är nu fullständigt utrymt.



Figur 18.33 Brandgaslagrets utseende 360 sekunder efter påbörjad utrymning.

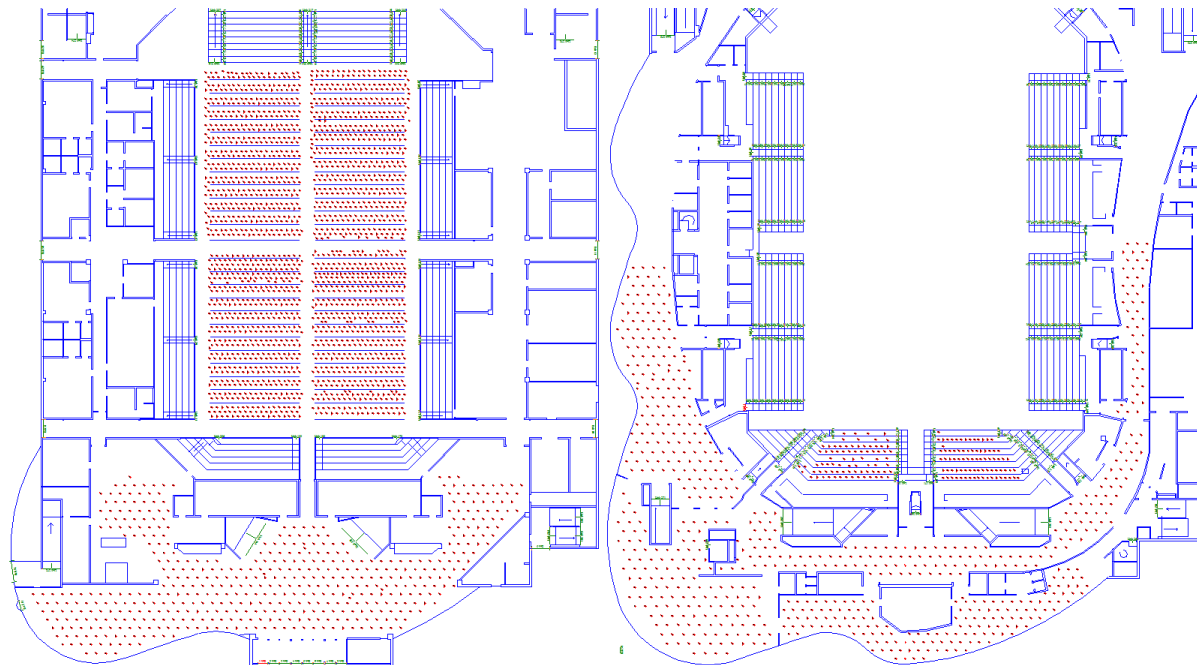
Sex minuter efter påbörjad utrymning befinner sig 599 människor i arenan. De allra flesta av dessa befinner sig vid sydöstra trapphuset. Arenagolvet och plan 3 är nu fullständigt utrymt. Slice filen visar att 5 meters sikt, gränsvärdet vid köbildning i BBRAD 3, har börjat uppstå i närheten av den västliga trappan på plan 3. Detta sker dock alltså efter att alla människor på plan 3 har utrymt.

Byggnaden är fullständigt utrymd efter nio och en halv minut.

## 18.5.2 Garderobsbrand

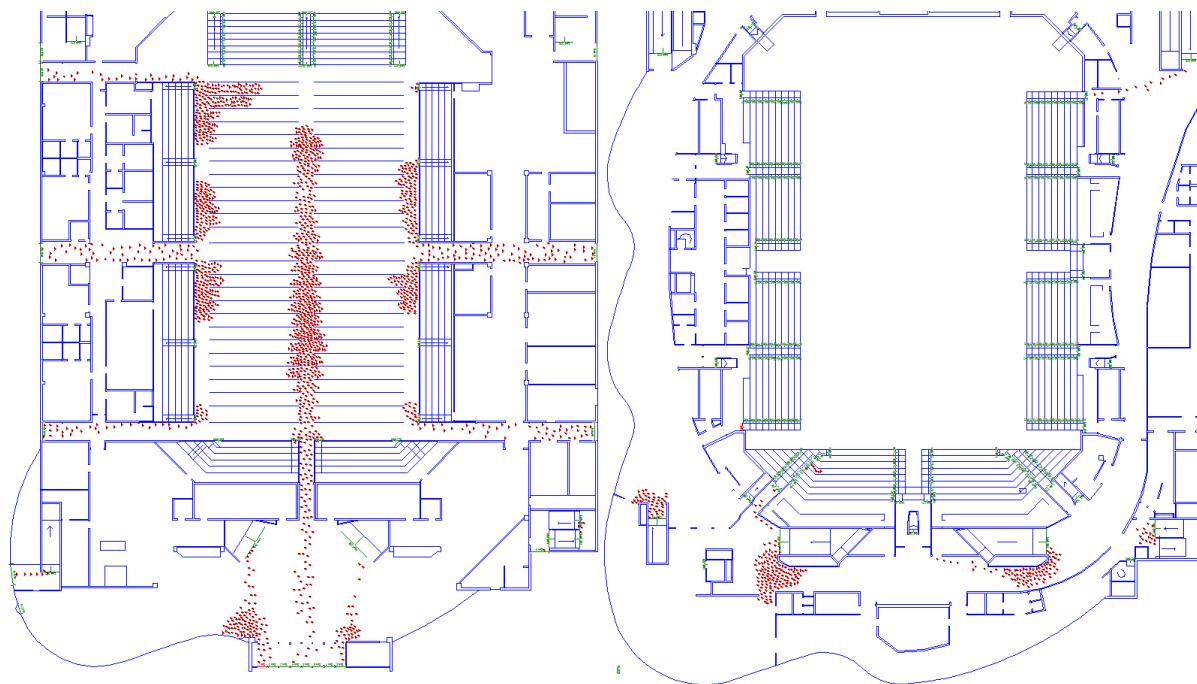
I detta avsnitt presenteras personuppställning visuellt med hjälp av bilder från simuleringen. Varseblivningstid och besluts- och reaktionstid har i detta scenario bestämts till 120 sekunder enligt Kapitel 9.

### 18.5.2.1 Grundscenario

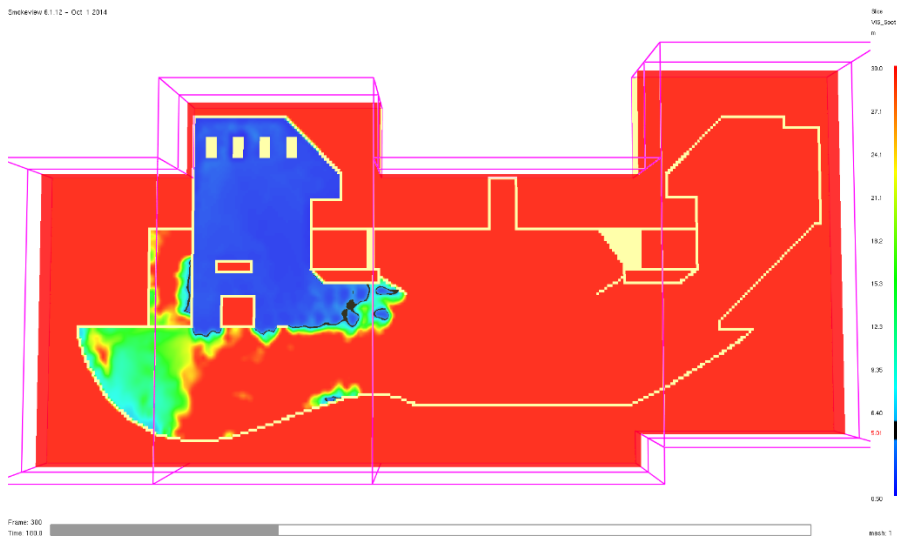


Figur 18.34. Simuleringens utseende vid start. Plan 1 till vänster och plan 2 till höger.

Vid start finns 3 315 personer utplacerade på olika ställen i byggnaden. Hur dessa personer är utplacerade framgår i Figur 18.34 och i Tabell 9.1.

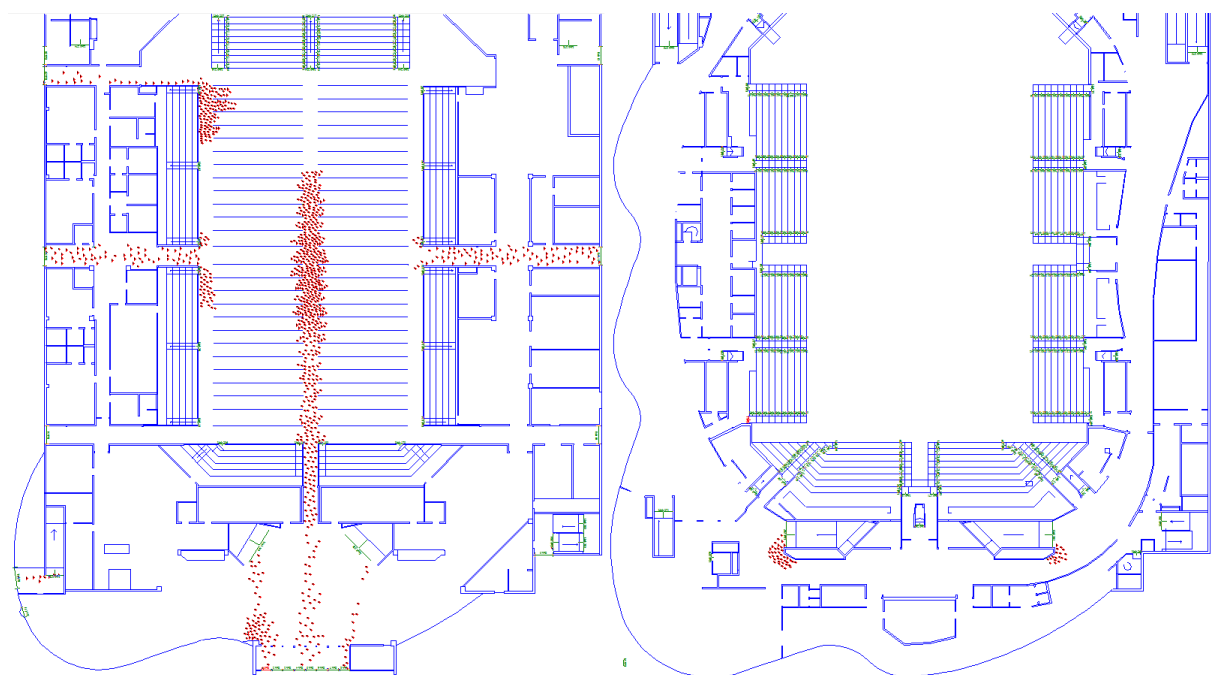


Figur 18.35. Simuleringens utseende en minut efter påbörjad utrymning. Plan 1 till vänster och plan 2 till höger.

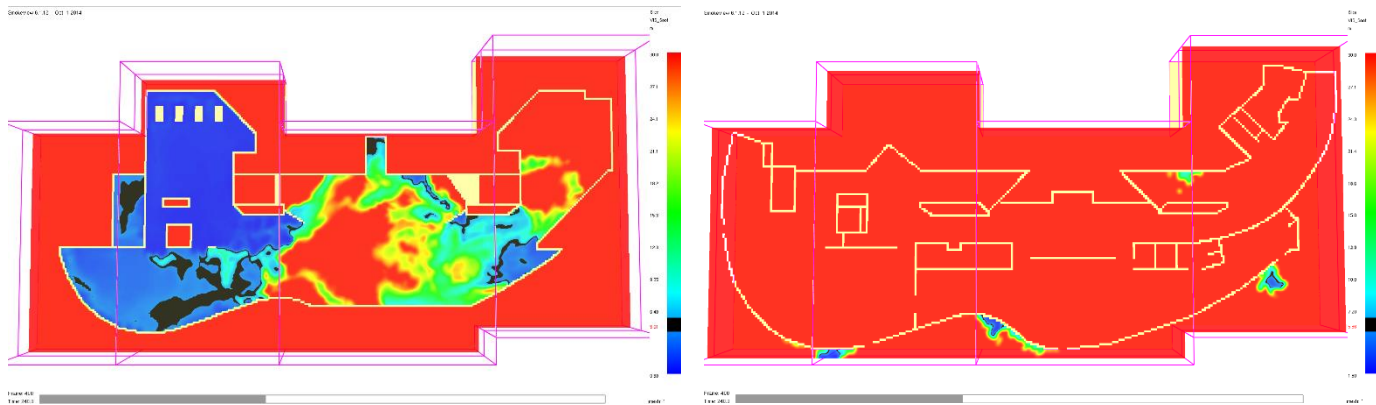


Figur 18.36 Slice file över sikten 60 sekunder efter påbörjad utrymning. Slice filen är placerad 2 meter över golvet på plan 1 i västra foajén.

En minut efter påbörjad utrymning finns det 2 338 personer kvar i byggnaden. Köer har bildats vid trånga passager och även några orimliga köeffekter har uppkommit, till exempel vid norra delen av huvudentrén. Under innertaket vid garderoben har sikten försämrats till under 5 meter.

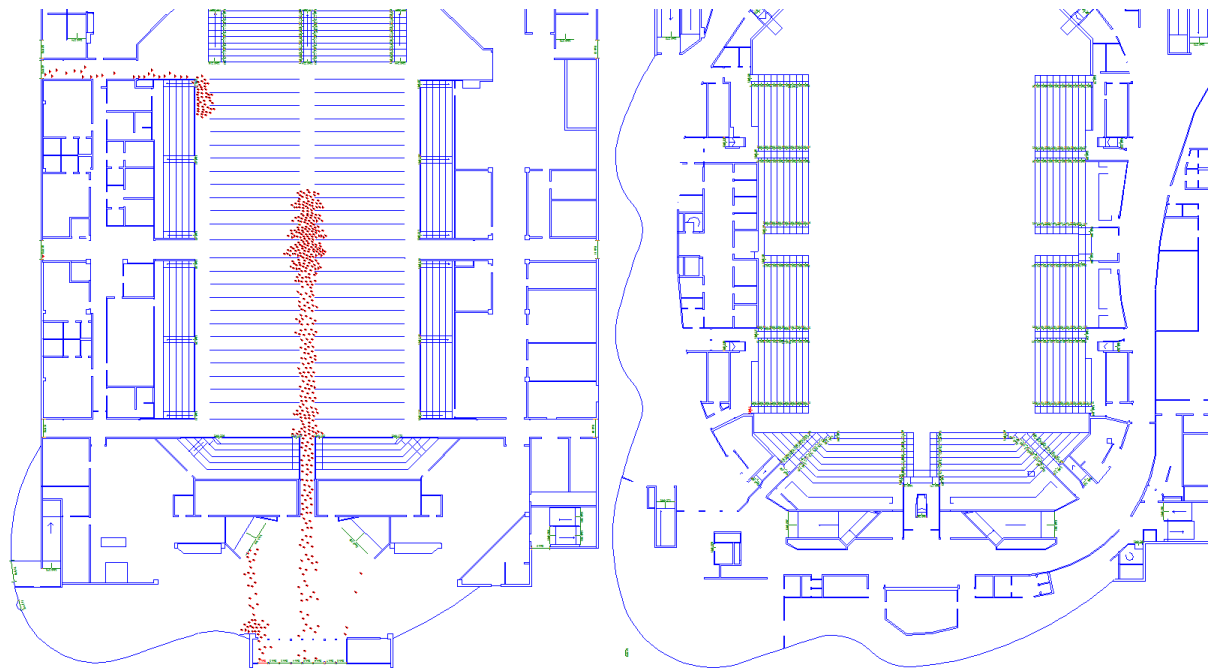


Figur 18.37. Simuleringens utseende två minuter efter påbörjad utrymning. Plan 1 till vänster och plan 2 till höger.

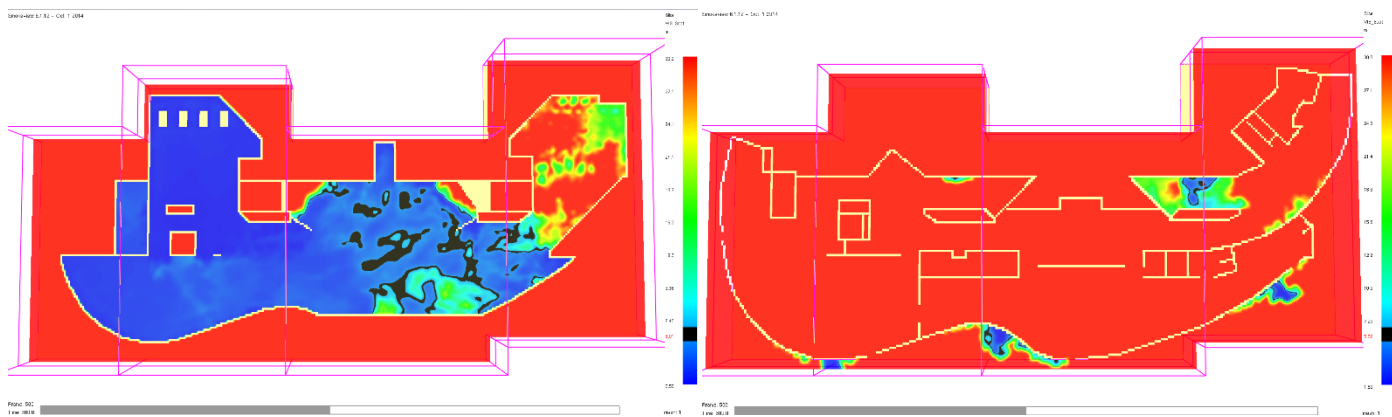


Figur 18.38 Slice file över sikten i västra foajen två meter över golvet 120 sekunder efter påbörjad utrymning. Plan 1 till vänster och plan 2 till höger.

Två minuter efter påbörjad utrymning finns det 1 263 personer kvar i arenan. Köbildningen vid vissa passager börjar att avta. Röken börjar nu att sprida sig upp till våning 2 via den södra trappan.

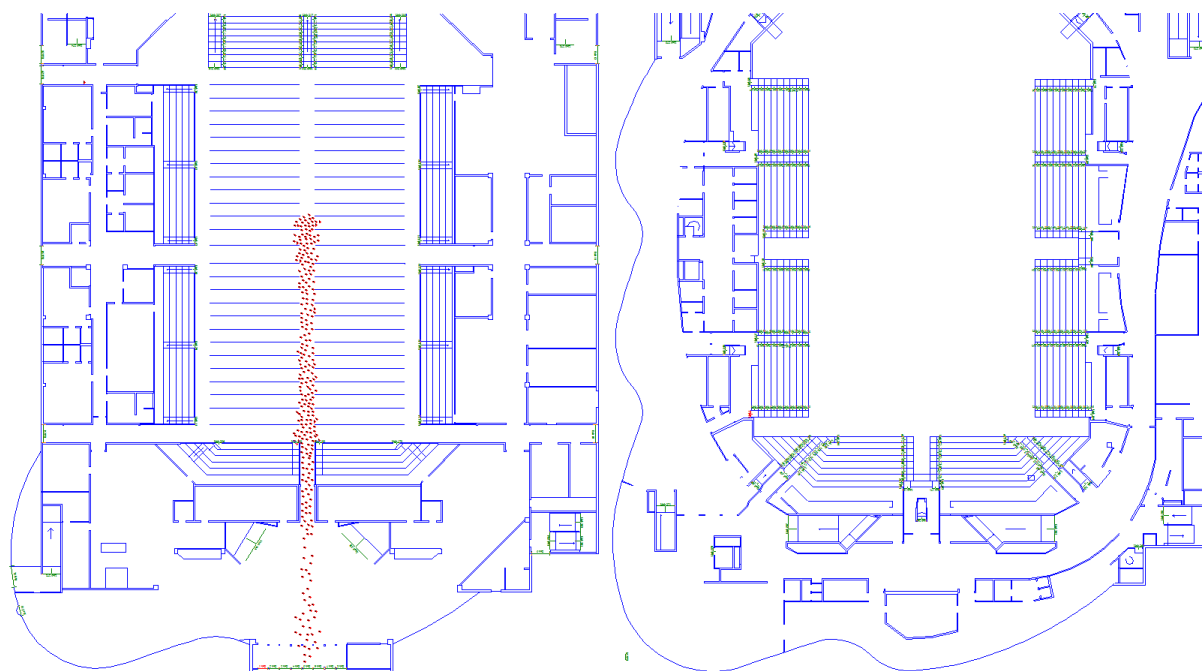


Figur 18.39. Simuleringens utseende tre minuter efter påbörjad utrymning.. Plan 1 till vänster och plan 2 till höger.

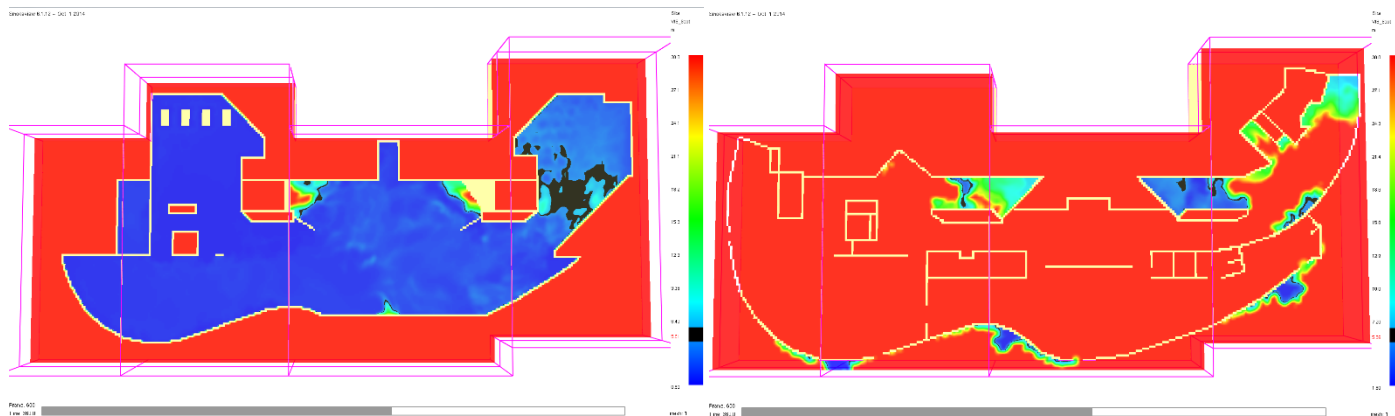


Figur 18.40 Slice file över sikten i västra foajén två meter över golvet 180 sekunder efter påbörjad utrymning. Plan 1 till vänster och plan 2 till höger.

Efter tre minuter finns det 594 personer kvar i byggnaden. Plan 2 är nu helt utrymt. De människor som befann sig på plan 1 i västra foajén från början har också hunnit utrymma men människor från trapporna och arenahallen passerar fortfarande genom foajén. På plan 2 har det nu börjat bildas ett brandgaslager ovanför den södra trappan. Detta syns dock inte i bilden eftersom det ligger ovanför 2 meters höjd.

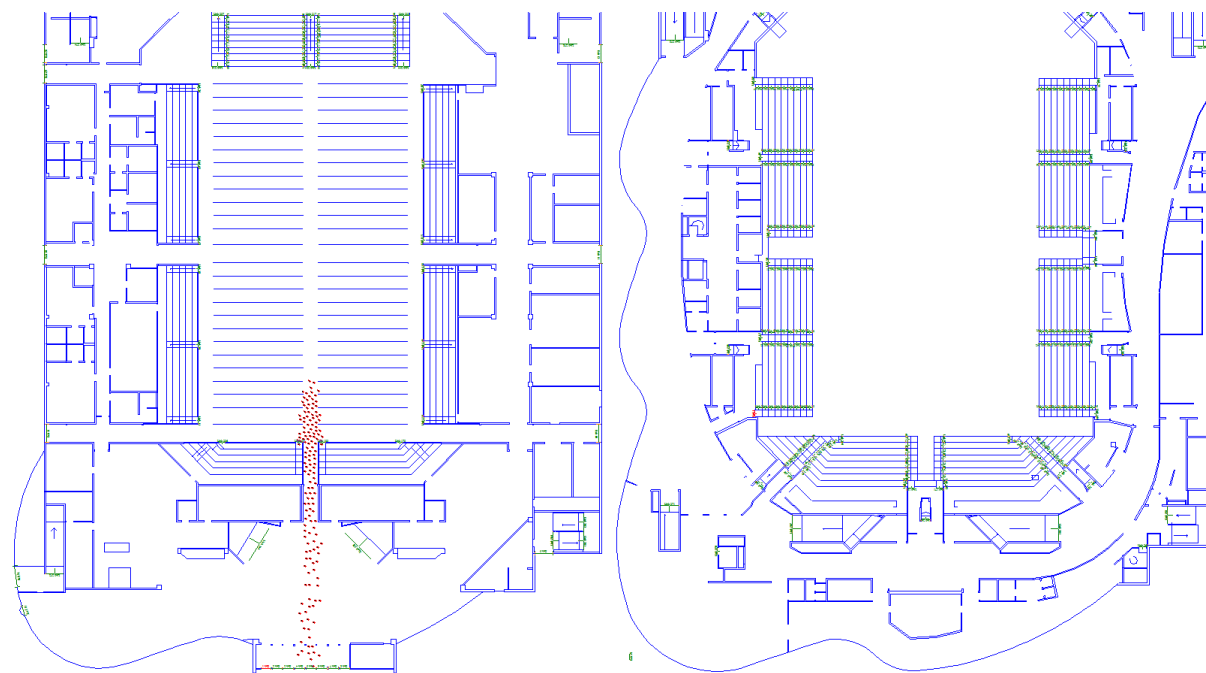


Figur 18.41. Simuleringens utseende fyra minuter efter påbörjad simulering. Plan 1 till vänster och plan 2 till höger.



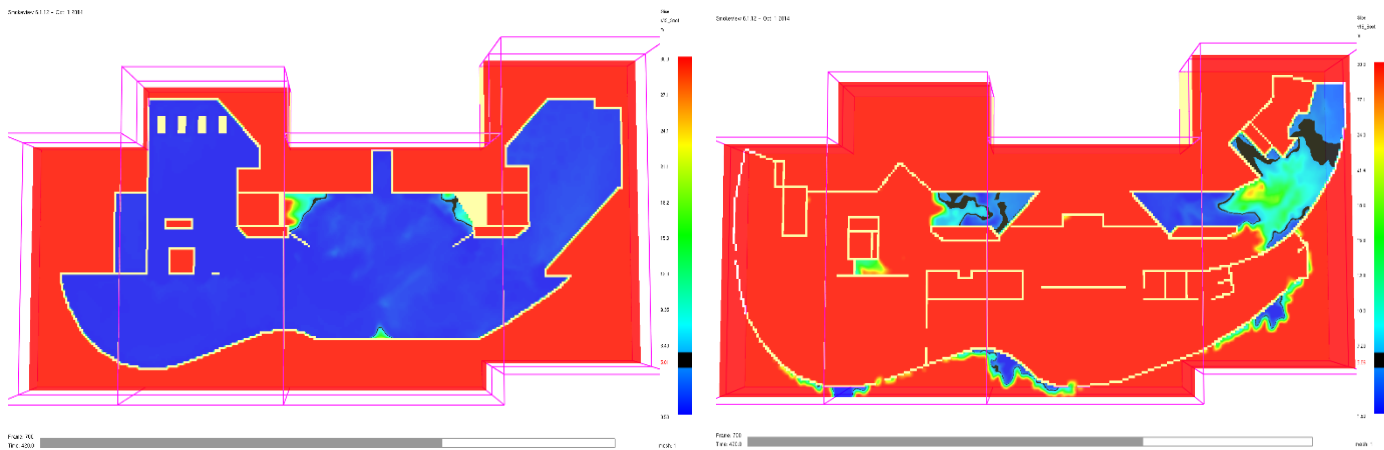
Figur 18.42 Slice file över sikten i västra foajen två meter över golvet 240 sekunder efter påbörjad utrymning. Plan 1 till vänster och plan 2 till höger.

Då fyra minuter har gått finns det 289 personer kvar i arenan. Det är vid denna tidpunkt endast personer från arenagolvet som finns kvar i byggnaden. Plan 1 är nu i princip rökfyllt.



Figur 18.43 Simuleringens utseende fem minuter efter påbörjad utrymning. Plan 1 till vänster och plan 2 till höger.



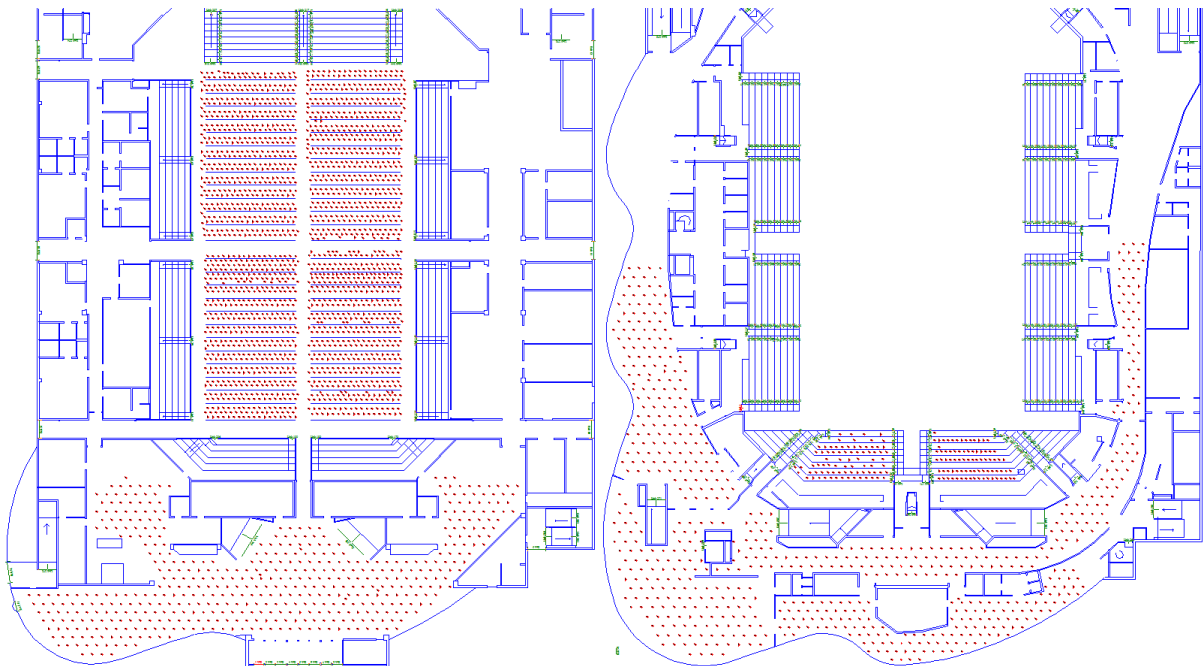


Figur 18.44 Slice file över sikten i västra foajen två meter över golvet 300 sekunder efter påbörjad utrymning. Plan 1 till vänster och plan 2 till höger.

Efter fem minuter finns det 152 personer kvar i arenan. Många av dessa befinner sig fortfarande i köbildningen mellan arenagolvet och foajén. Hela byggnaden är enligt simuleringen utrymd på besökare efter sex minuter och 18 sekunder.

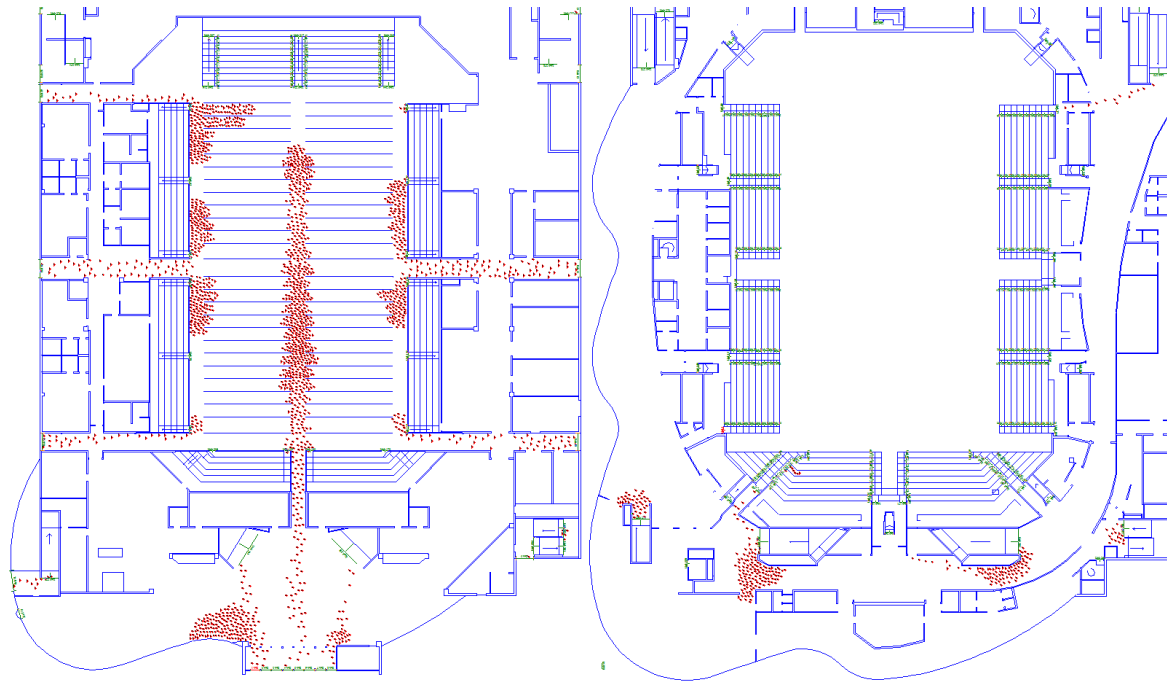
#### 18.5.2.2 Scenario 2A

I detta avsnitt presenteras bilder från scenario 2A som genomfördes som känslighetsanalys



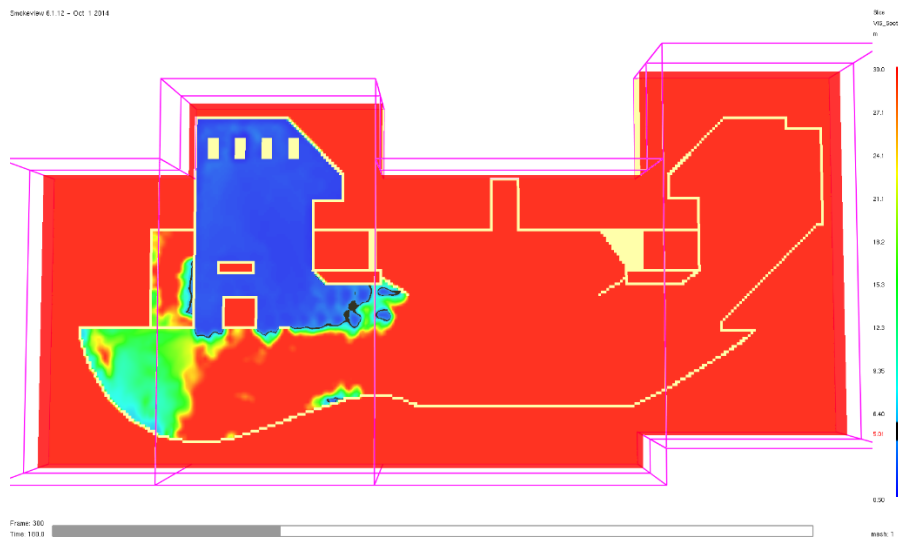
Figur 18.45. Simuleringens utseende vid start.

Vid start finns 3 315 personer utplacerade på olika ställen i byggnaden



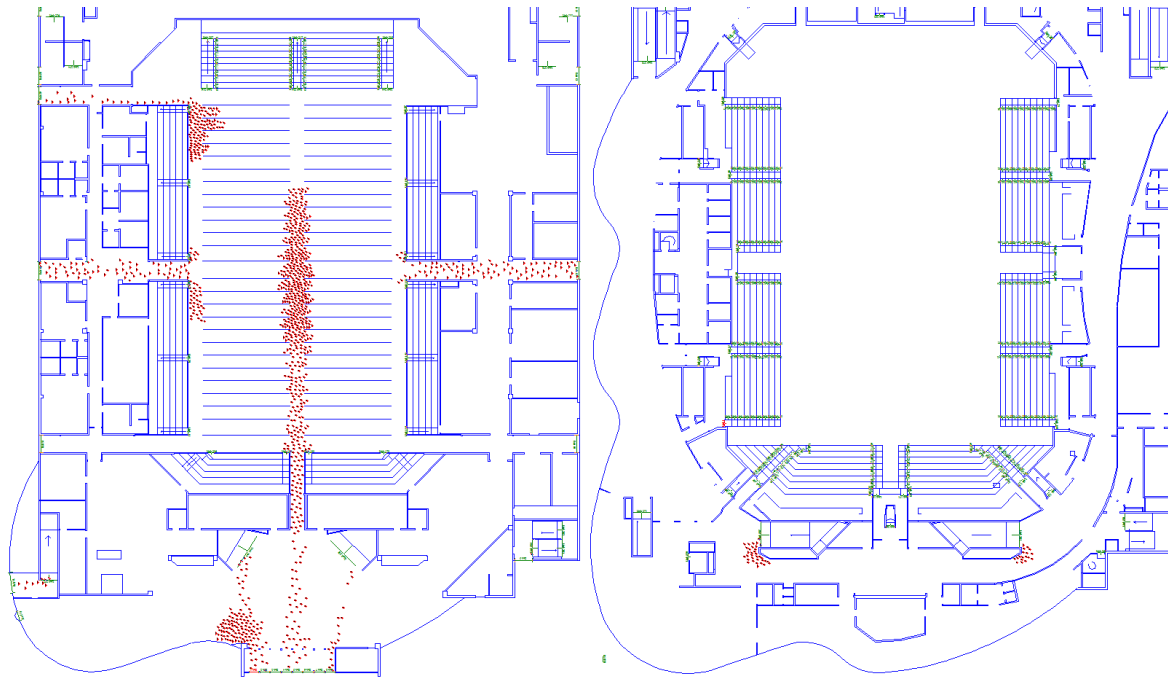
Figur 18.46. Simuleringens utseende efter en minut. Plan 1 till vänster och plan 2 till höger.

Smokeview 6.1.12 - Oct 1 2384

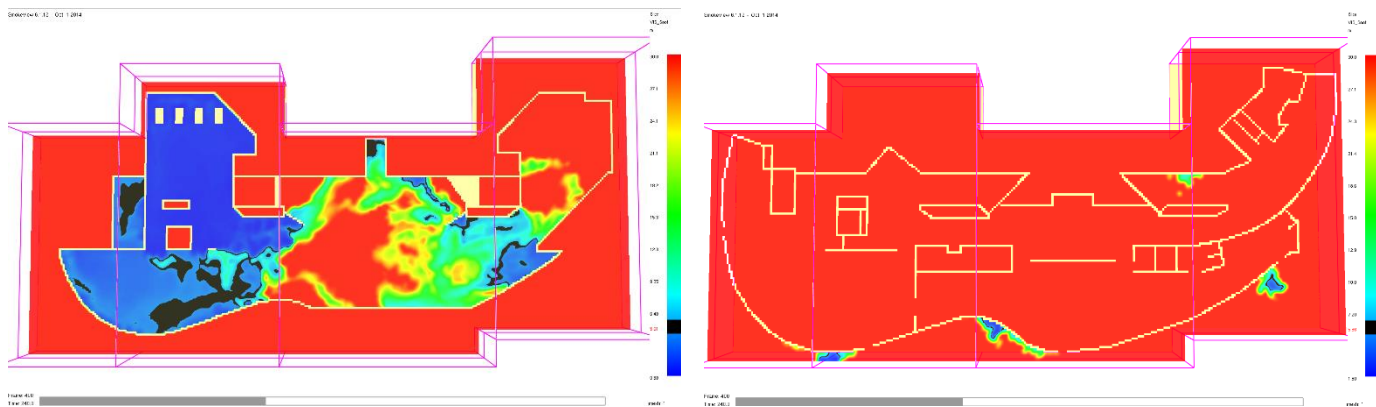


Figur 18.47 Slice file över sikten 60 sekunder efter påbörjad utrymning. Slice filen är placerad 2 meter över golvet på plan 1 i västra foajén.

Efter en minuts simulerad tid finns det 2 417 personer kvar i arenan.

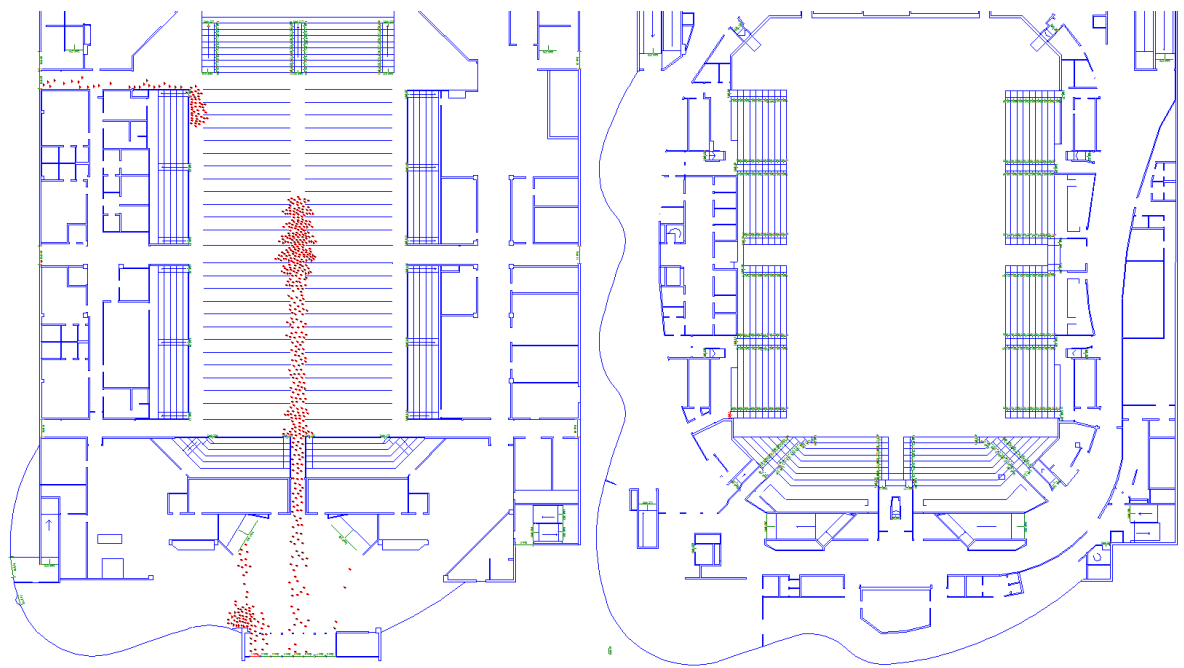


Figur 18.48. Simuleringens utseende efter två minuter. Plan 1 till vänster och plan 2 till höger.

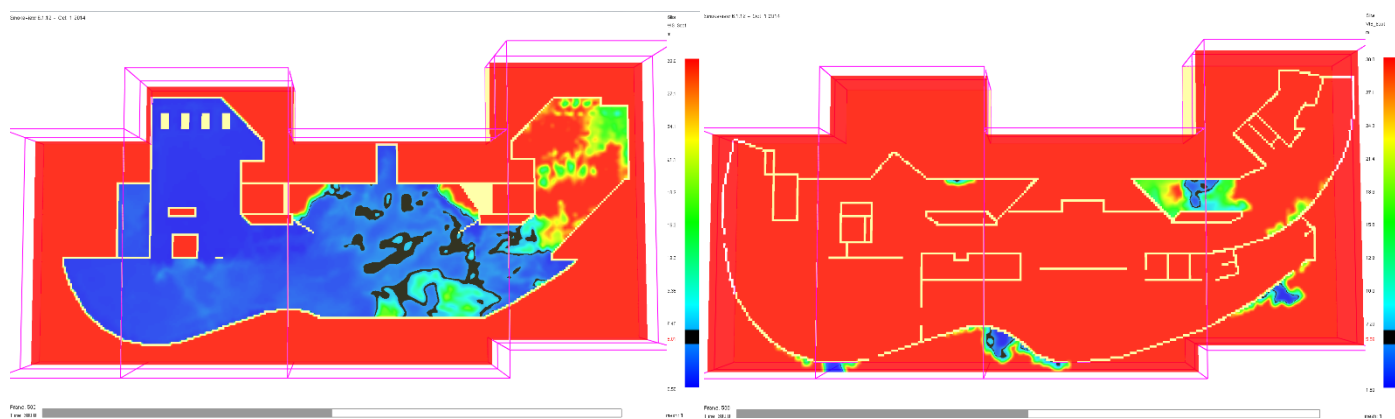


Figur 18.49 Slice file över sikten i västra foajen två meter över golvet 120 sekunder efter påbörjad utrymning. Plan 1 till vänster och plan 2 till höger.

Efter två minuter finns det 1 313 personer kvar i arenan.

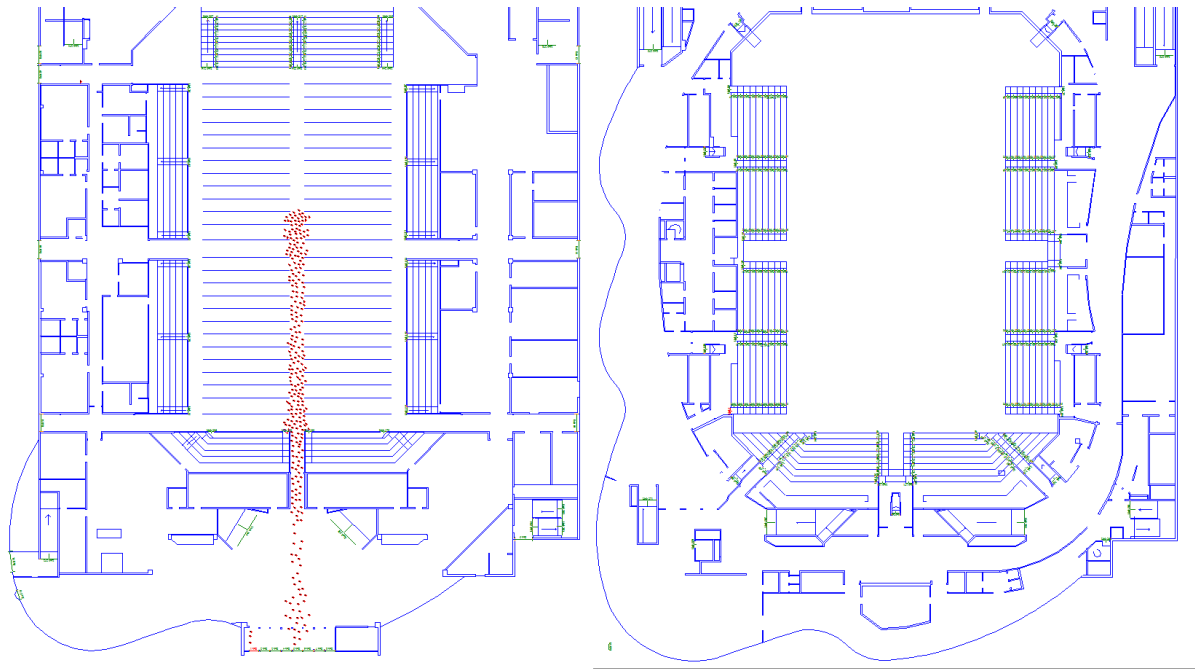


Figur 18.50. Simuleringens utseende efter tre minuter. Plan 1 till vänster och plan 2 till höger.

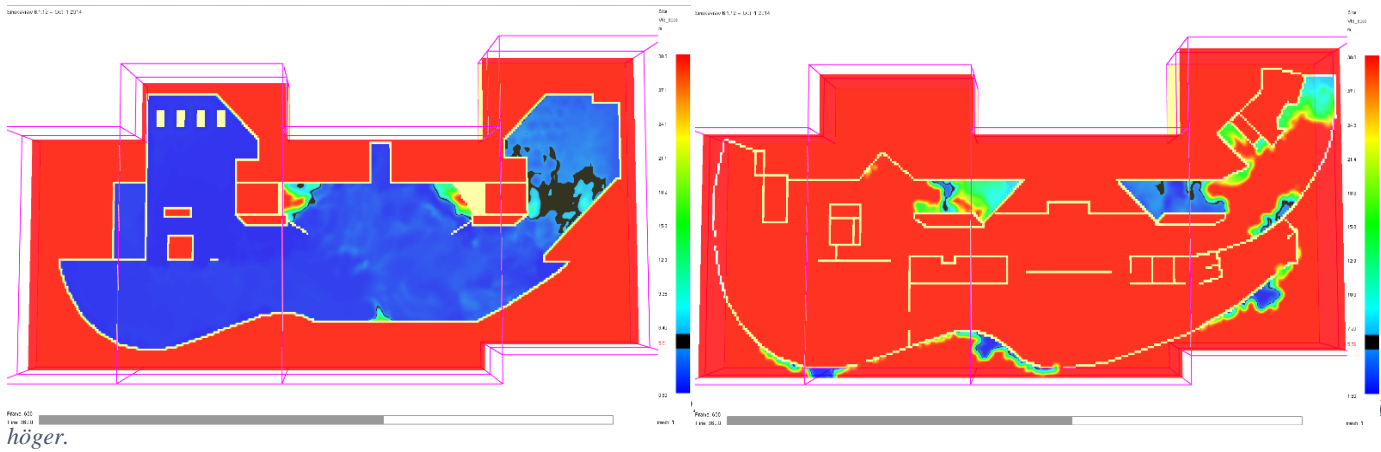


Figur 18.51. Slice file över sikten i västra foajen två meter över golvet 180 sekunder efter påbörjad utrymning. Plan 1 till vänster och plan 2 till höger.

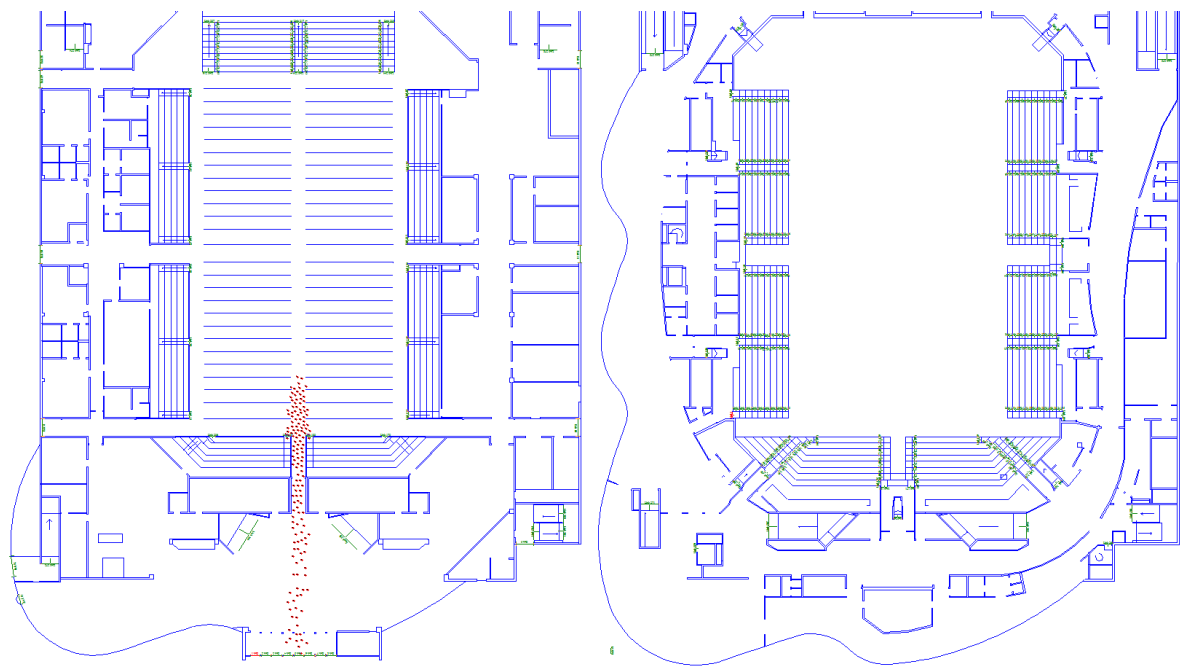
Efter tre minuter finns det 628 personer kvar i arenan.



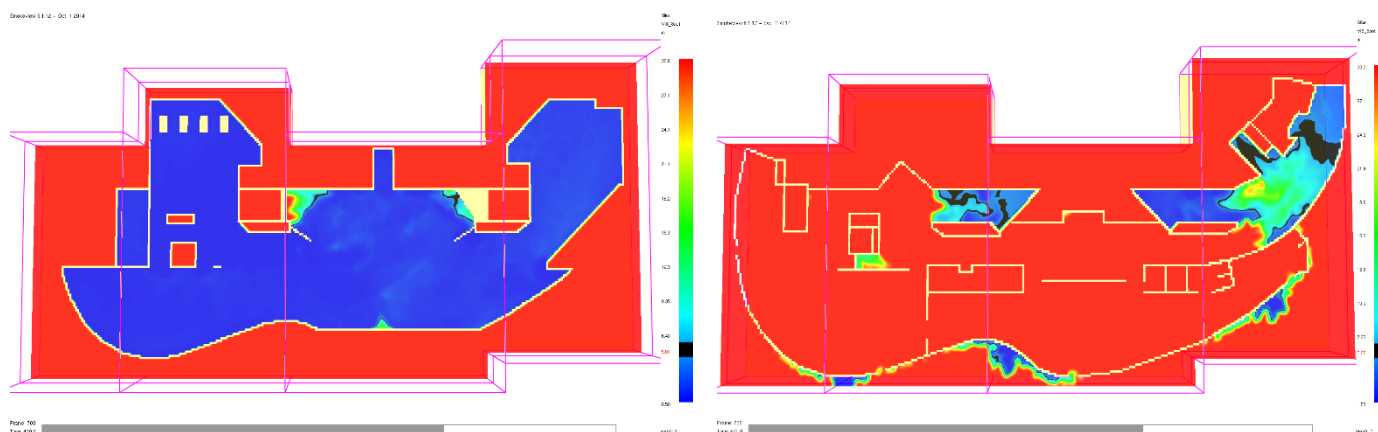
Figur 18.53. Simuleringens utseende efter fyra minuter. Plan 1 till vänster och plan 2 till höger.



Efter fyra minuters simulering finns det 292 personer kvar i arenan.



Figur 18.54. Simuleringens utseende efter fem minuter. Plan 1 till vänster och plan 2 till höger.

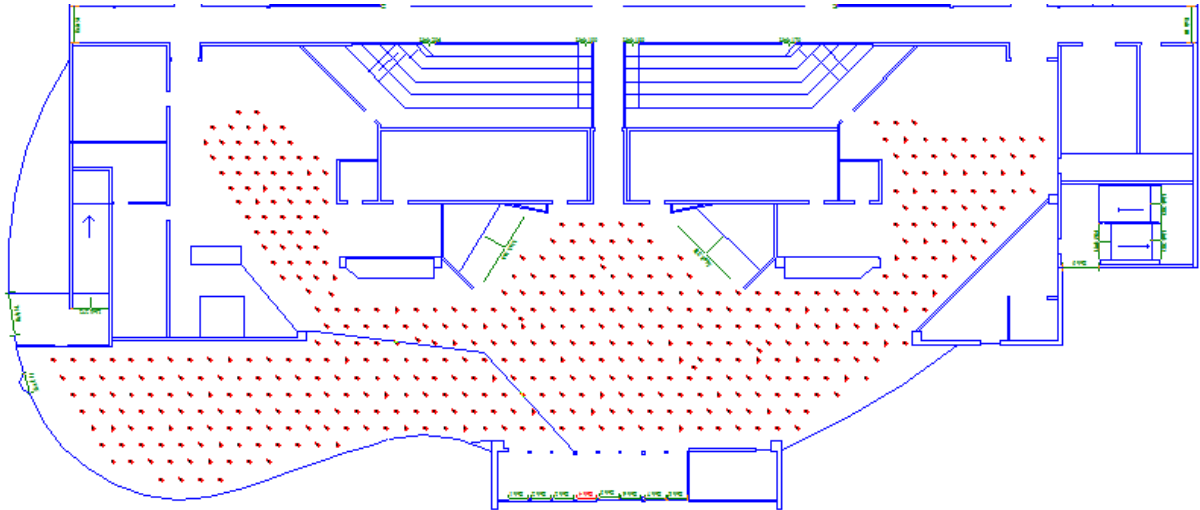


Figur 18.55 Slice file över sikten i västra foajen två meter över golvet 300 sekunder efter påbörjad utrymning. Plan 1 till vänster och plan 2 till höger.

Efter fem minuter finns det 152 personer kvar i arenan. Hela byggnaden är enligt simuleringen utrymd på besökare efter sex minuter och 18 sekunder.

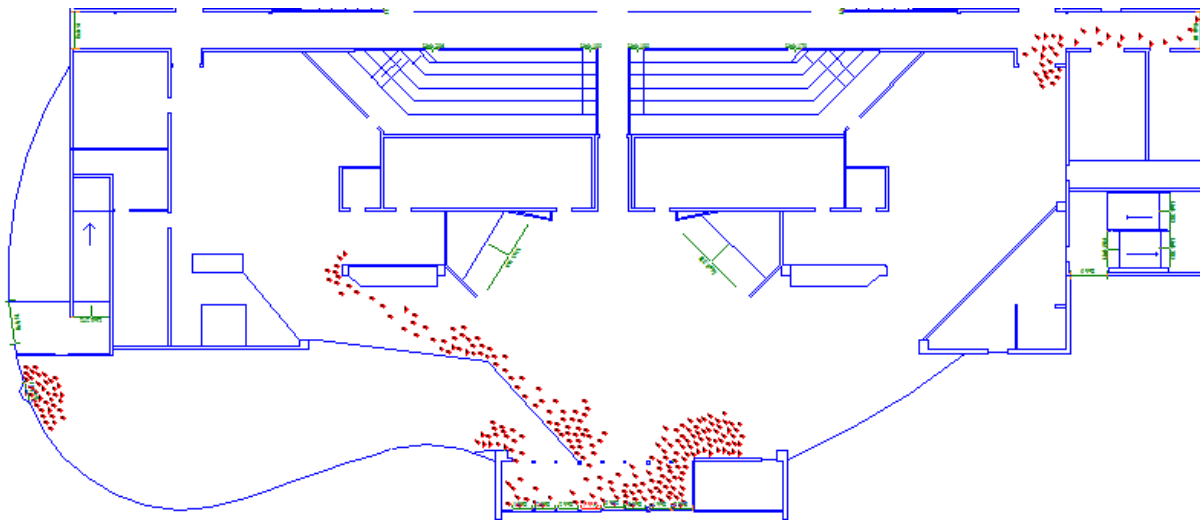
### 18.5.2.3 Grundscenario huvudentré

I detta avsnitt presenteras bilder från simuleringen av garderobsbrand med endast personer i huvudentrén.



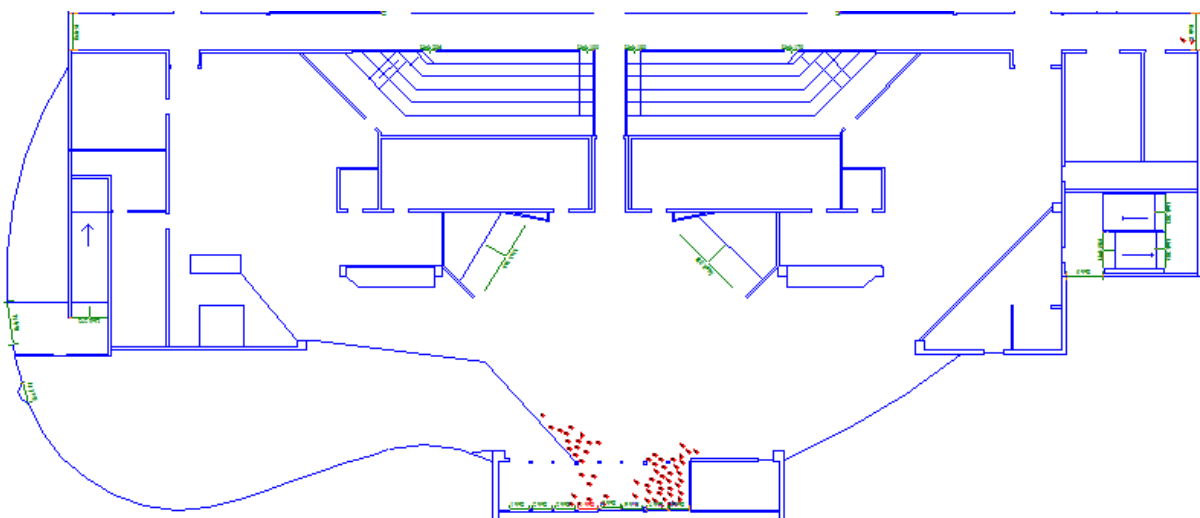
Figur 18.56. Simuleringens utseende vid start.

Vid simuleringens start finns det 500 personer utplacerade i huvudentrén.



Figur 18.57. Simuleringens utseende efter 30 sekunder.

Efter 30 sekunders simulering finns det 301 personer kvar i huvudentrén.

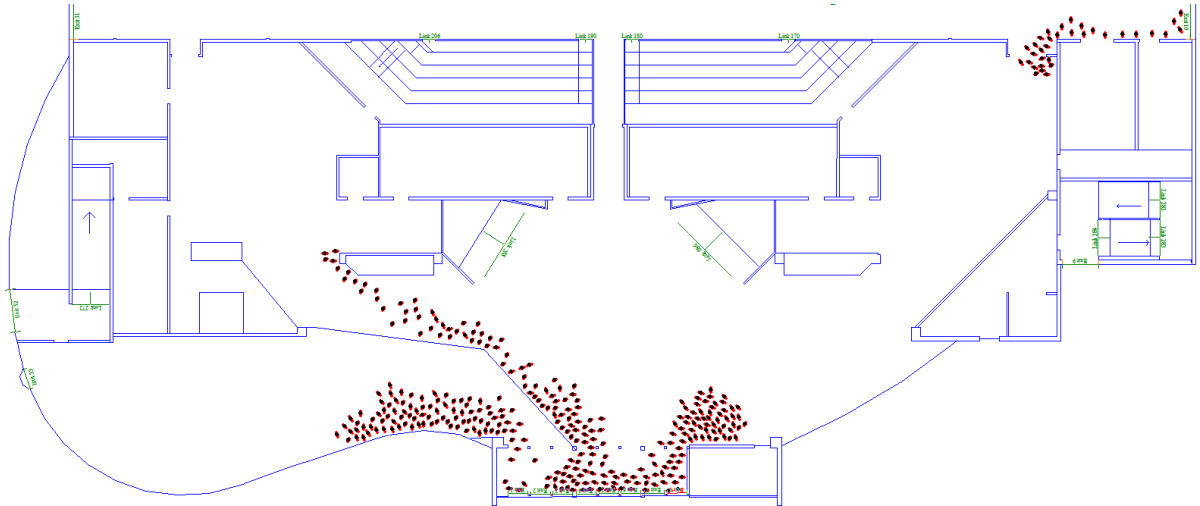


Figur 18.58. Simuleringens utseende efter en minut.

Efter en minuts simulering finns det 54 personer kvar i huvudentrén. Utrymmet förväntas vara tomt efter en minut och 23 sekunder.

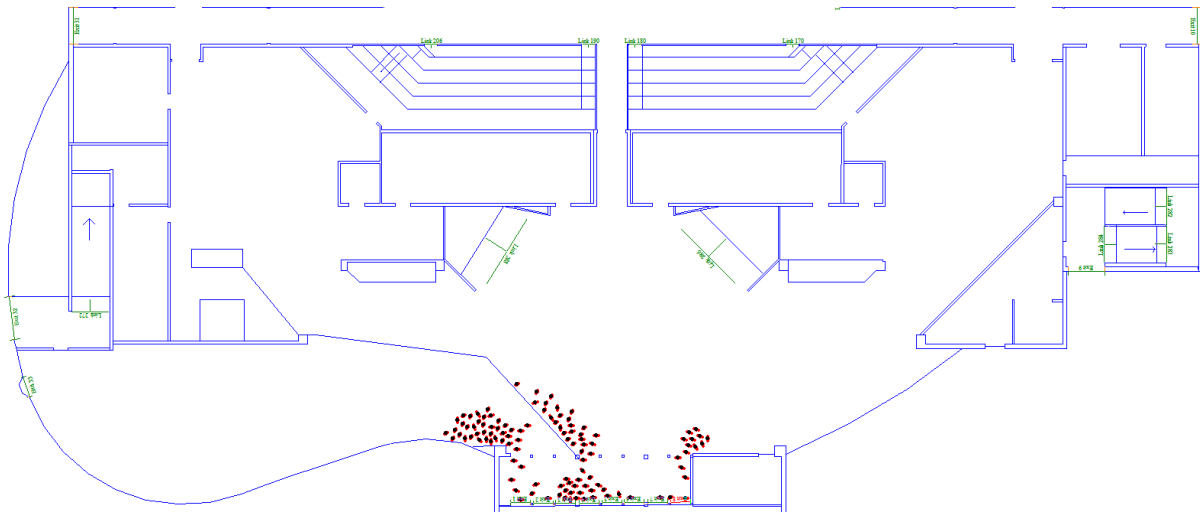
#### 18.5.2.4 Scenario 2A huvudentré

I detta avsnitt presenteras bilder från utrymningssimulering av garderobsbrand med endast människor i huvudentrén där en utrymningsväg är blockerad.



Figur 18.59. Simuleringens utseende efter 30 sekunder.

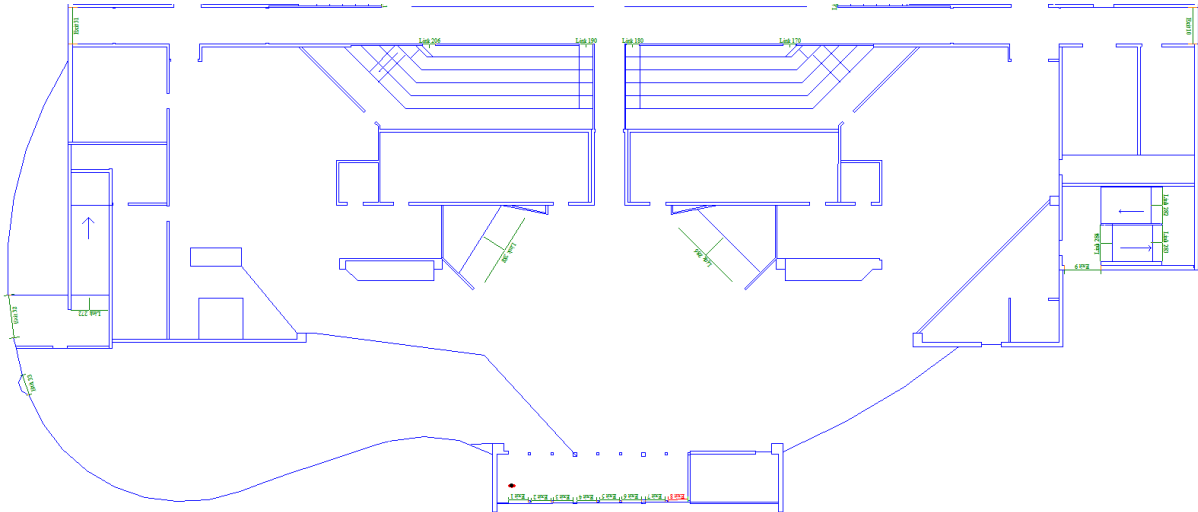
Efter 30 sekunder finns det 343 personer kvar i huvudentrén.



Figur 18.60. Simuleringens utseende efter en minut.

Efter en minuts simulering finns det 112 personer kvar i huvudentrén.



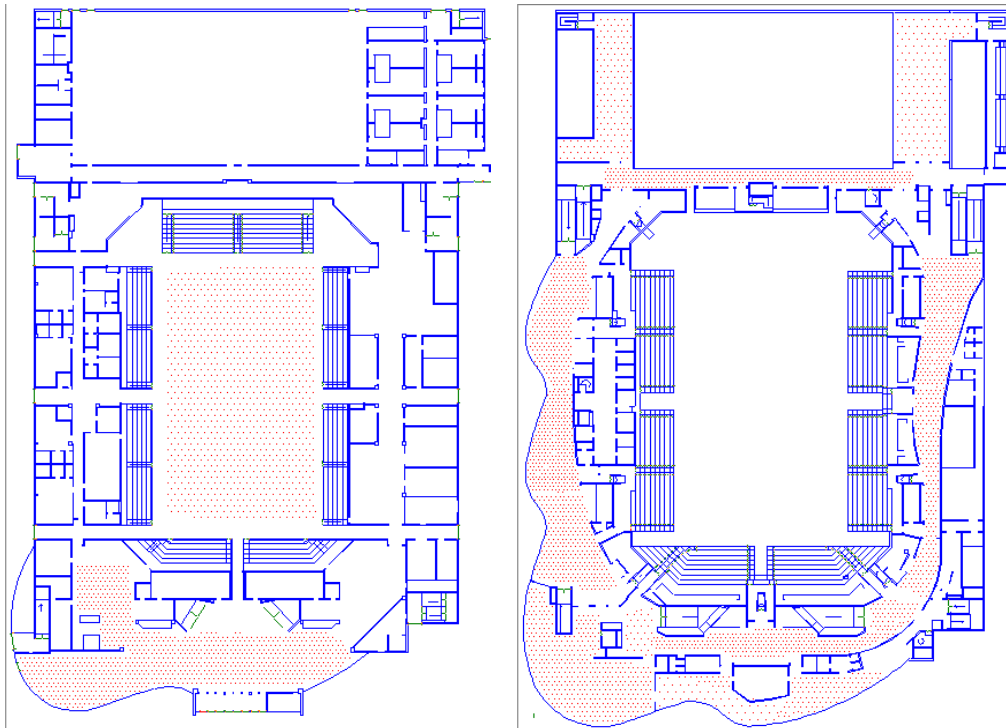


Figur 18.61. Simuleringens utseende efter en minut och 30 sekunder.

Efter en minut och 30 sekunder finns det endast en person kvar i huvudentrén. Efter en minut och 34 sekunder är huvudentrén utrymd.

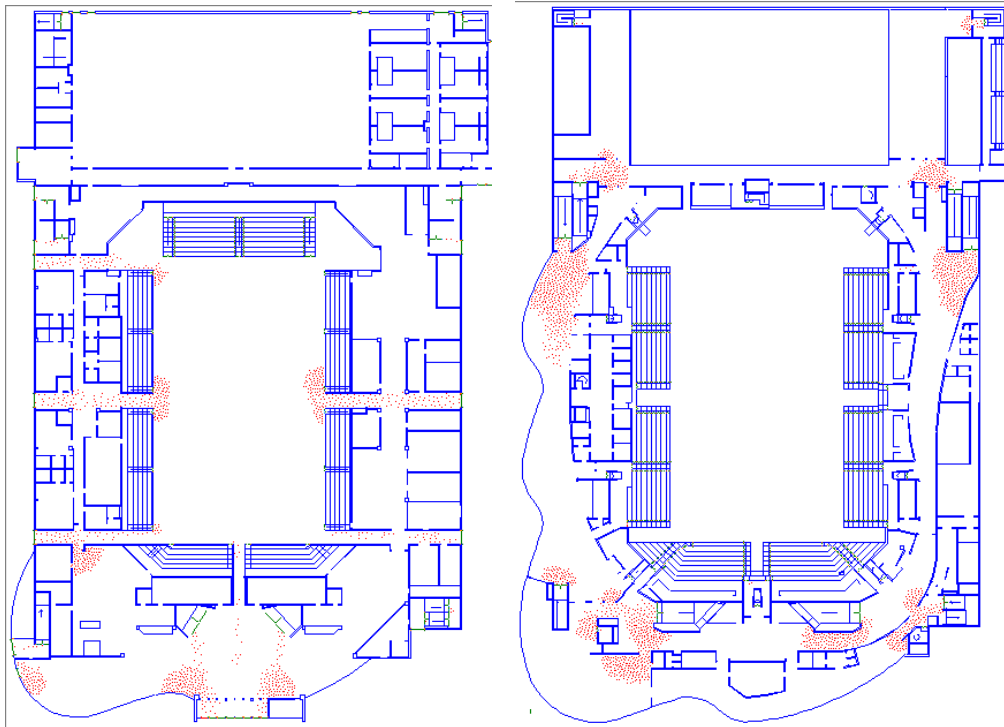
### 18.5.3 Kioskbrand

I detta avsnitt presenteras resultatet för utrymningssimuleringen av kioskbrand.



Figur 18.62 Simuleringens utseende vid start. Till vänster syns plan 1 och till höger plan 2.

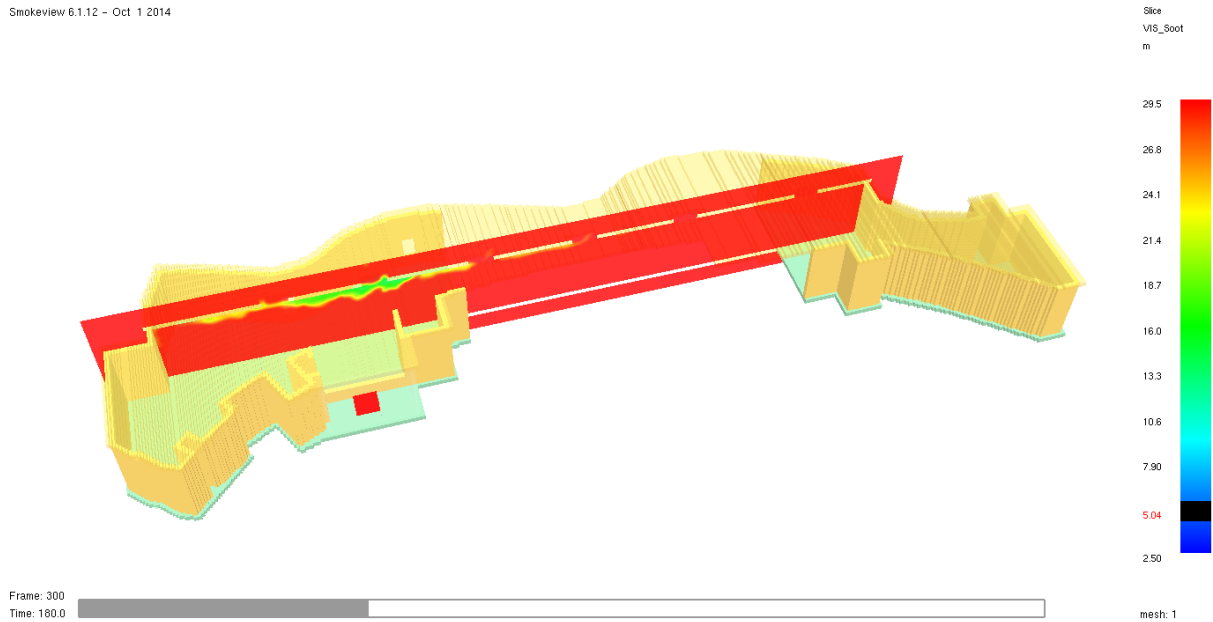
Vid simuleringens start befinner sig 5000 personer i arenan. En brand uppstår i norra foajén på plan 2.



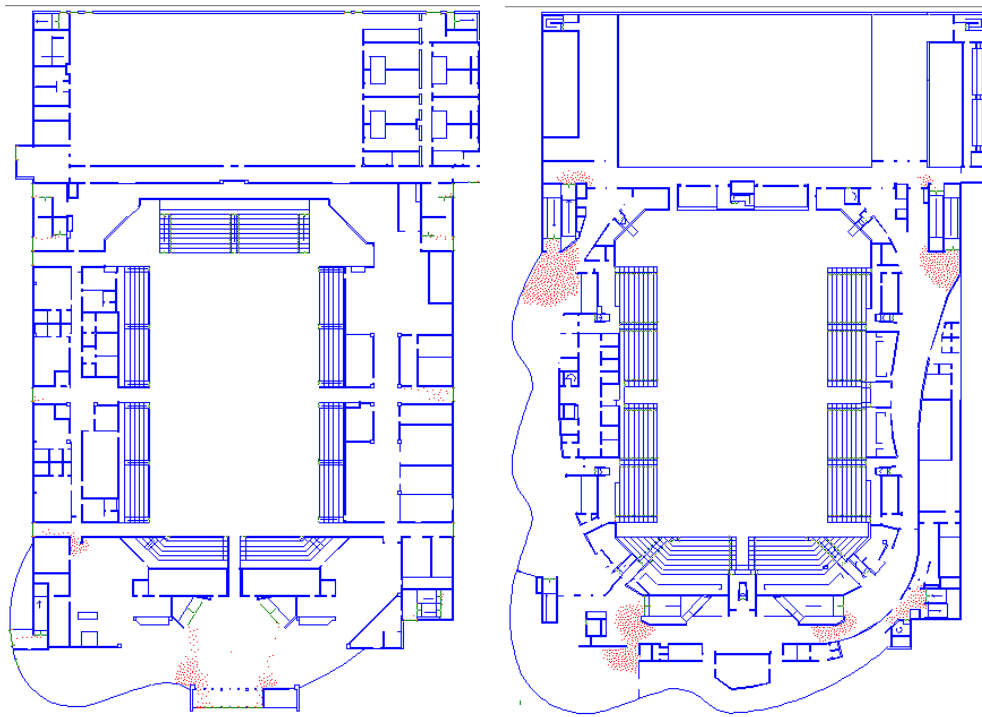
Figur 18.63 Simuleringens utseende efter 60 sekunder. Till vänster syns plan 1 och till höger plan 2.

Efter 60 sekunder är det 3192 personer kvar i arenan.

Smokeview 6.1.12 - Oct 1 2014



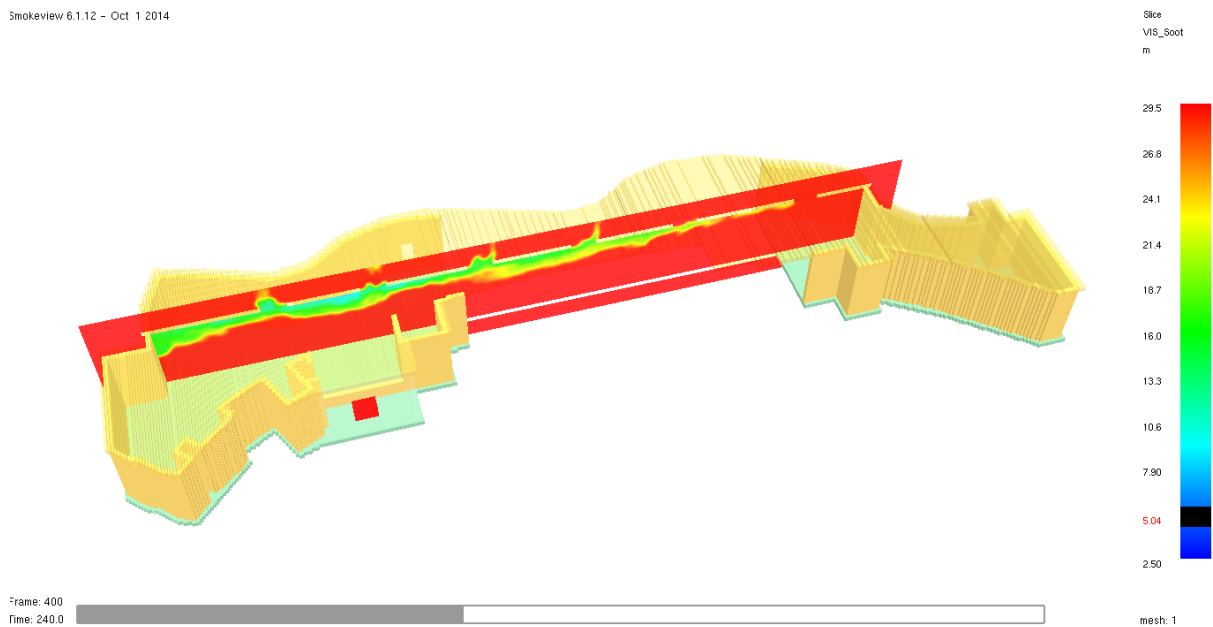
Figur 18.64 Rökspridningens utseende 60 sekunder efter påbörjad utrymning



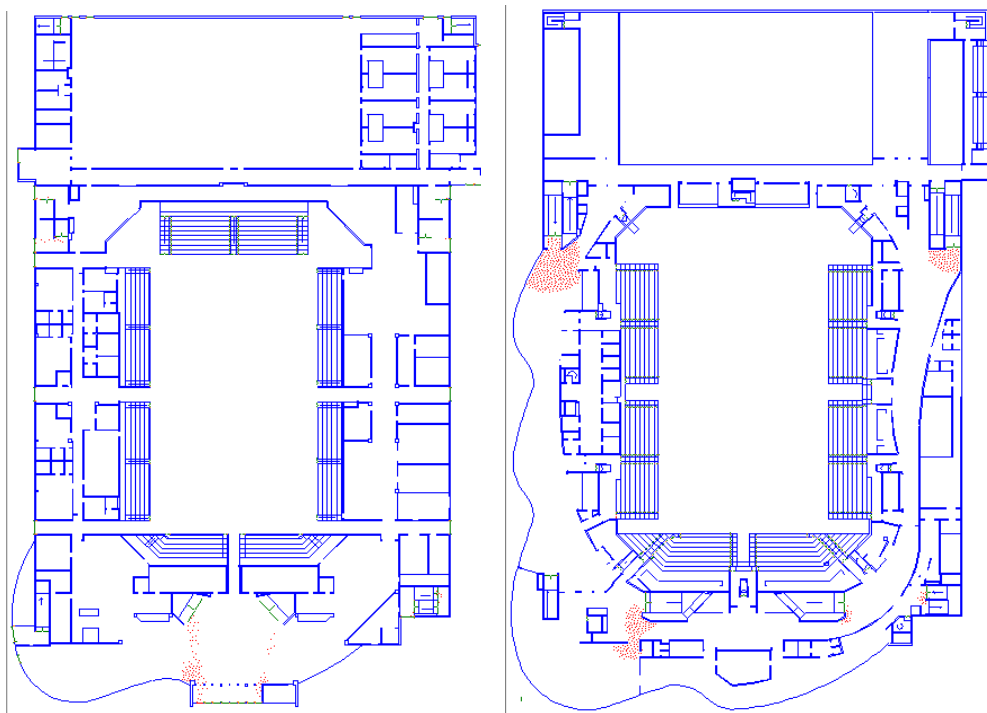
Figur 18.65 Simuleringens utseende efter 120 sekunder. Till vänster syns plan 1 och till höger plan 2.

Två minuter efter att utrymningen börjat är det 1763 personer kvar i arenan.

Smokeview 6.1.12 - Oct 1 2014



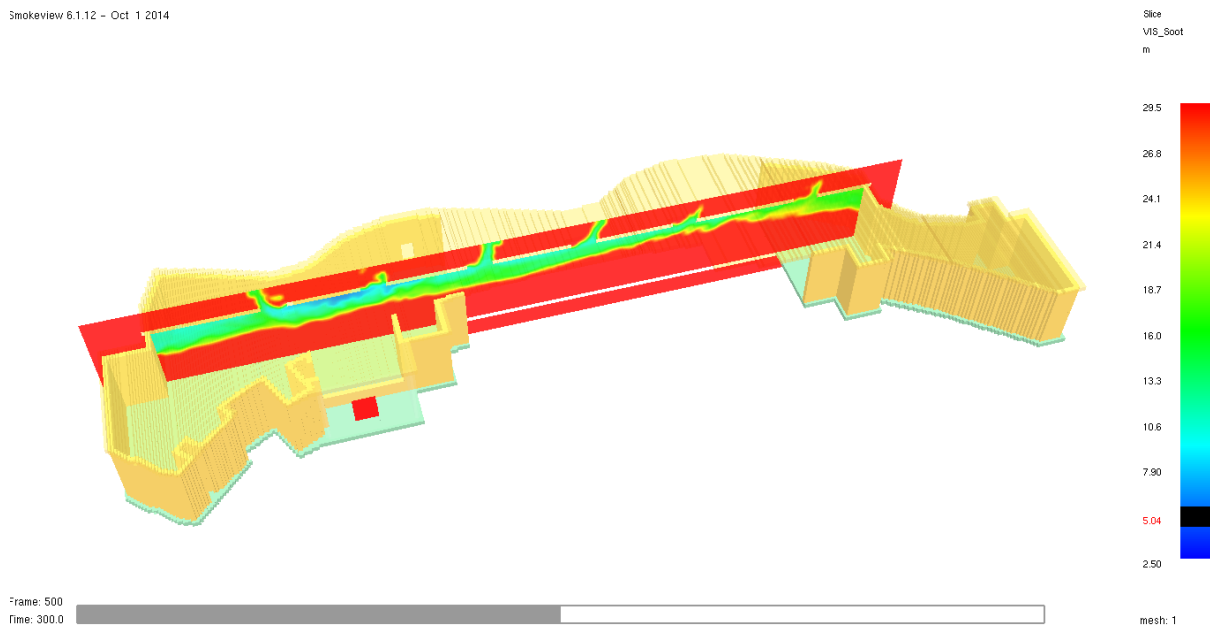
Figur 18.66 Rökspridningens utseende 120 sekunder efter påbörjad utrymning



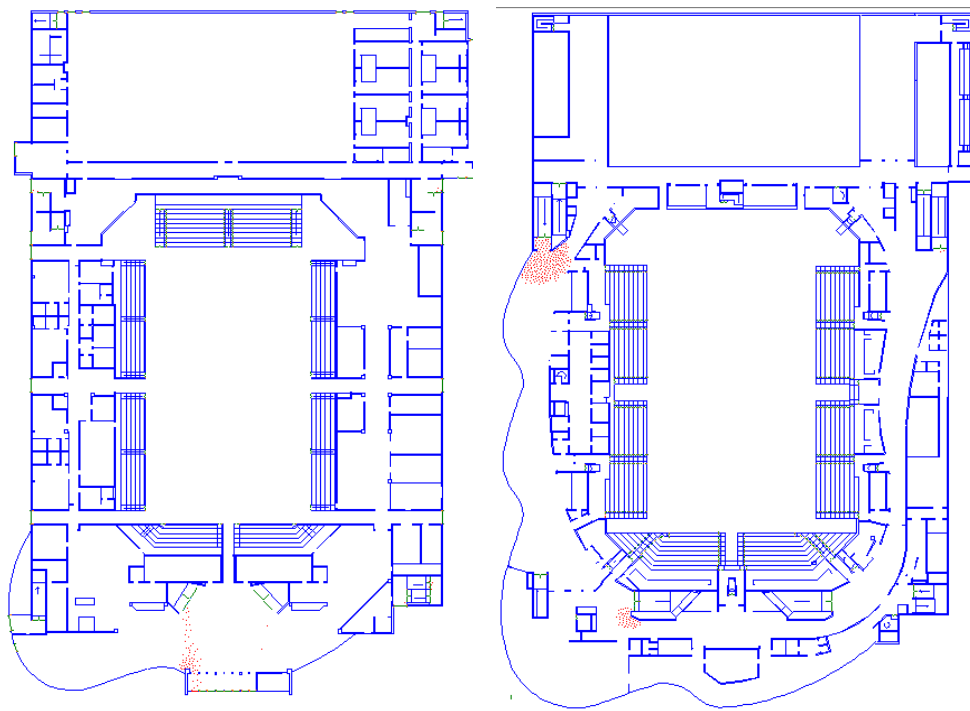
Figur 18.67 Simuleringens utseende efter 180 sekunder. Till vänster syns plan 1 och till höger plan 2.

180 sekunder in i simuleringen befinner sig 1069 personer i arenan.

Smokeview 6.1.12 - Oct 1 2014

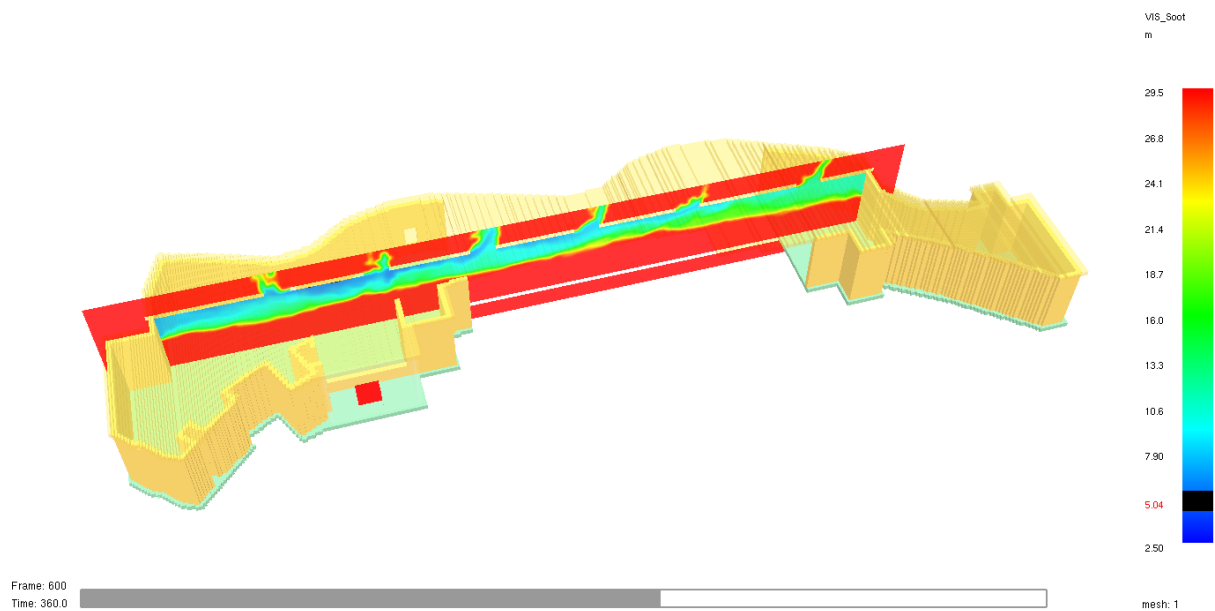


Figur 18.68 Rökspidningens utseende 180 sekunder efter påbörjad utrymning

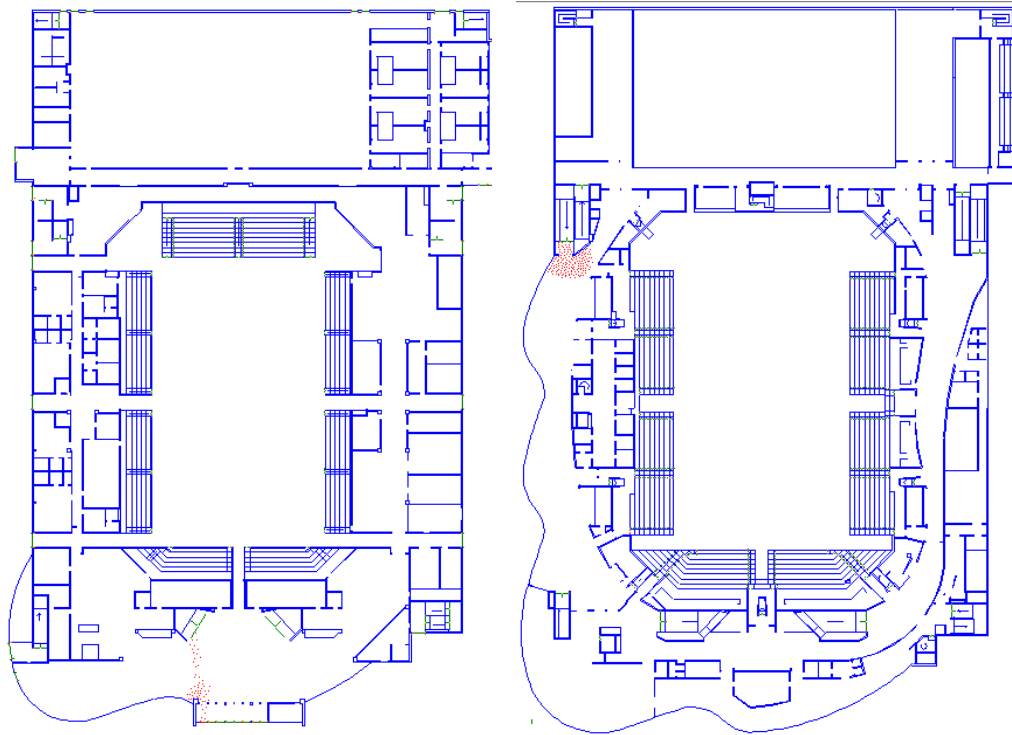


Figur 18.69 Simuleringens utseende efter 240 sekunder. Till vänster syns plan 1 och till höger plan 2.

Efter 240 sekunder är det 596 personer kvar i arenan.

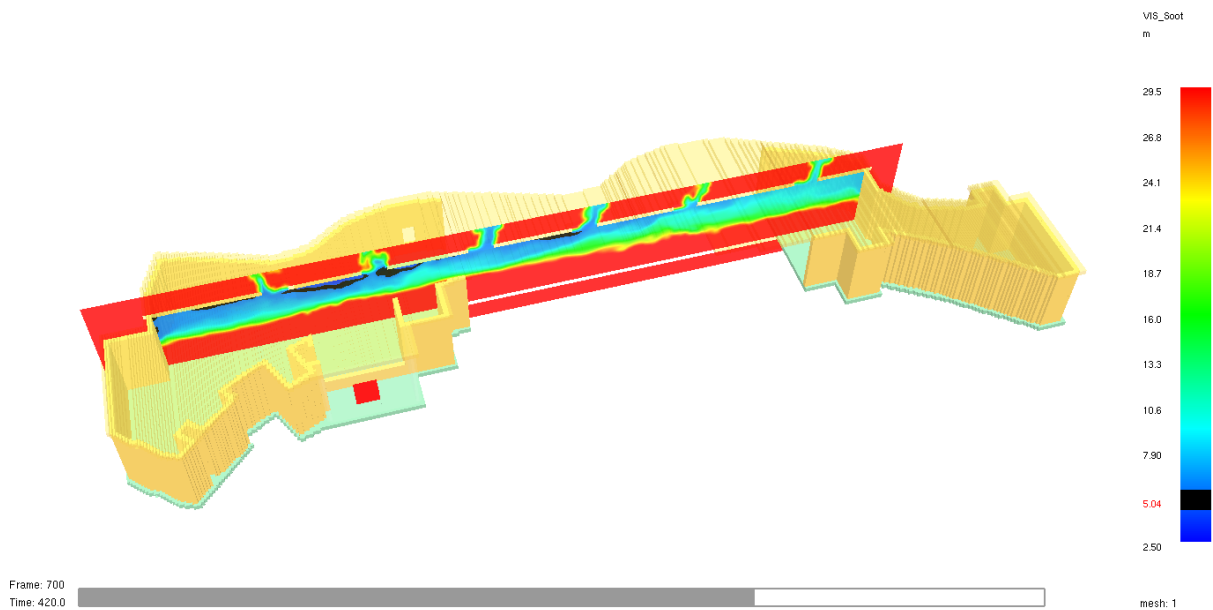


Figur 18.70 Rökspidningens utseende 240 sekunder efter påbörjad utrymning

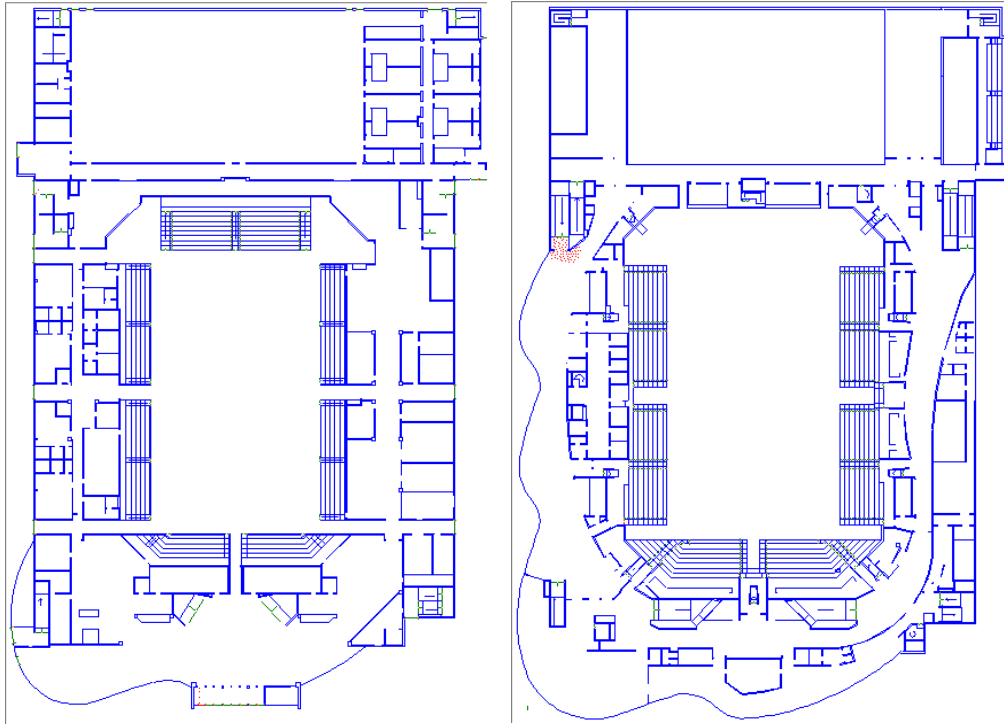


Figur 18.71 Simuleringens utseende efter 300 sekunder. Till vänster syns plan 1 och till höger plan 2.

Efter 300 sekunder är det 302 personer kvar i arenan.

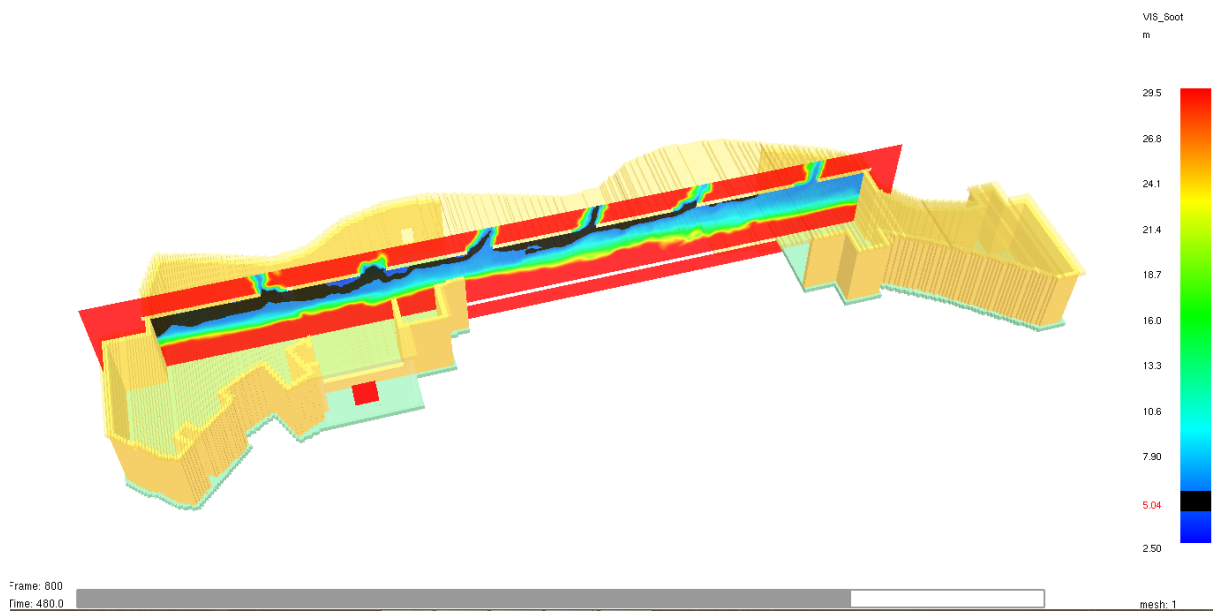


Figur 18.72 Rökspridningens utseende 300 sekunder efter påbörjad utrymning

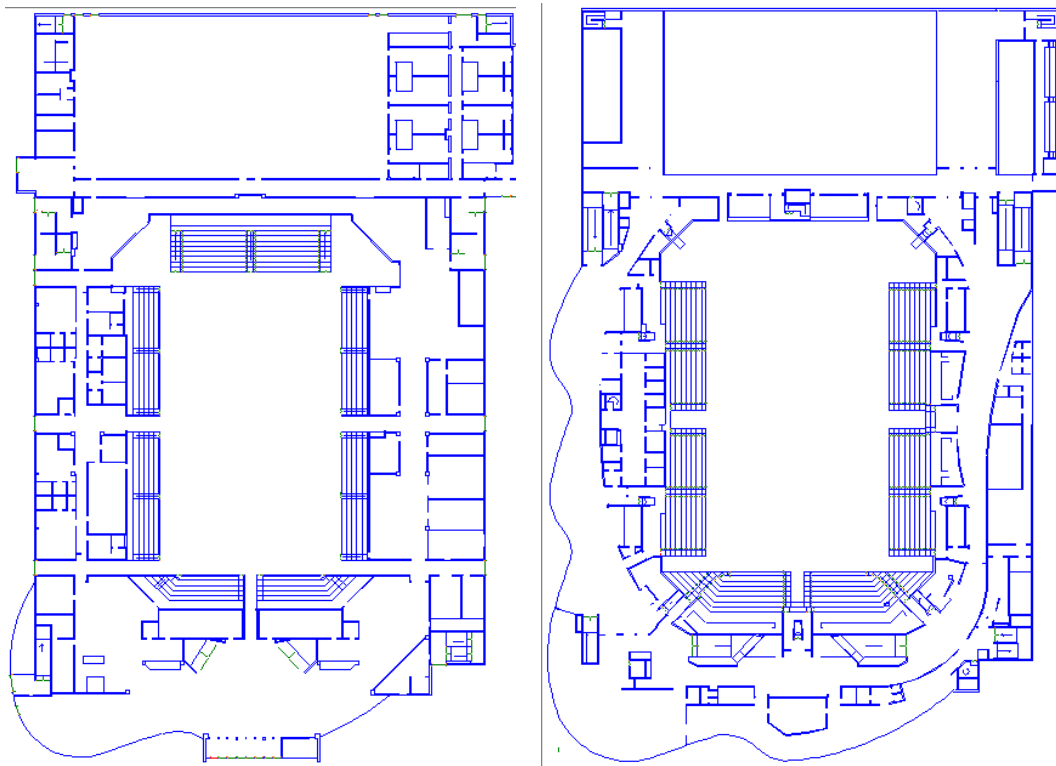


Figur 18.73 Simuleringens utseende efter 360 sekunder. Till vänster syns plan 1 och till höger plan 2.

Efter 360 sekunder är det 134 personer kvar i arenan.

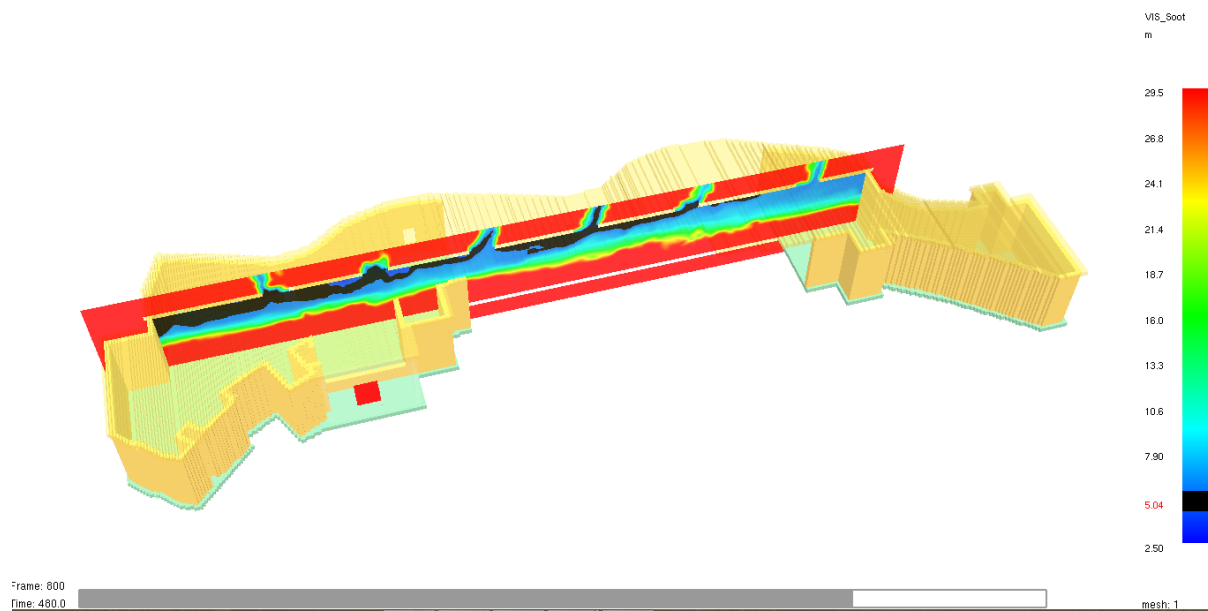


Figur 18.74 Rökspredningens utseende 360 sekunder efter påbörjad utrymning



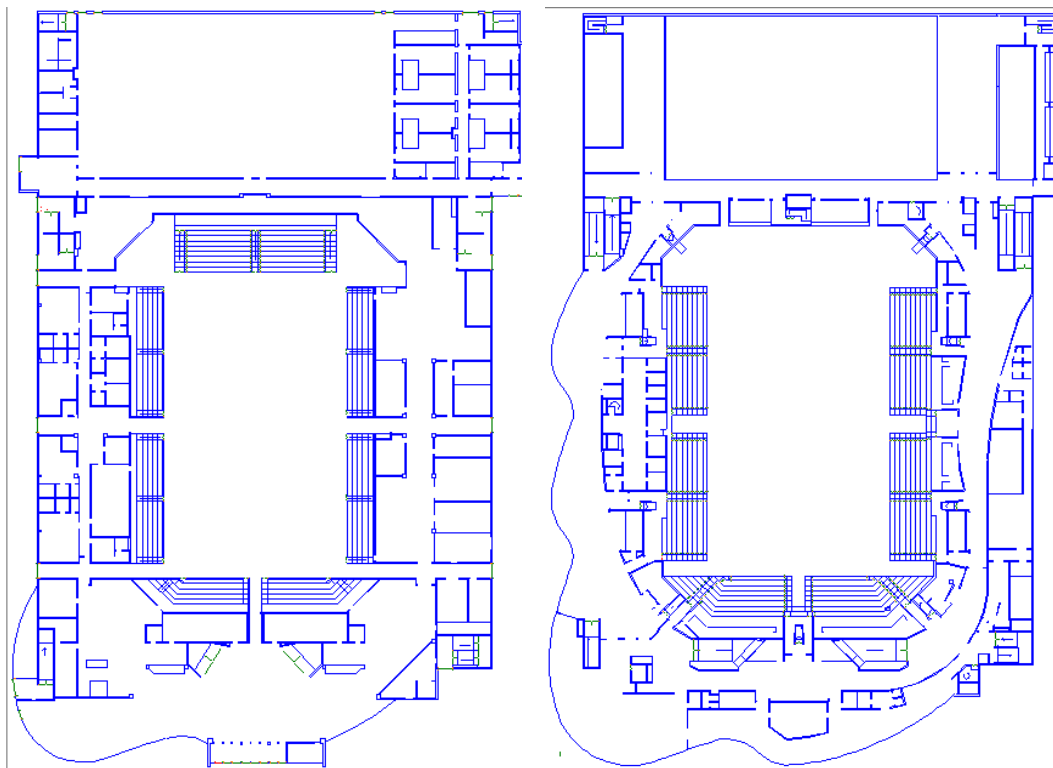
Figur 18.75 Simuleringens utseende efter 420 sekunder. Till vänster syns plan 1 och till höger plan 2.

Efter 420 sekunder är det 54 personer kvar i arenan.



Figur 18.76 Rökspredningens utseende 420 sekunder efter påbörjad utrymning

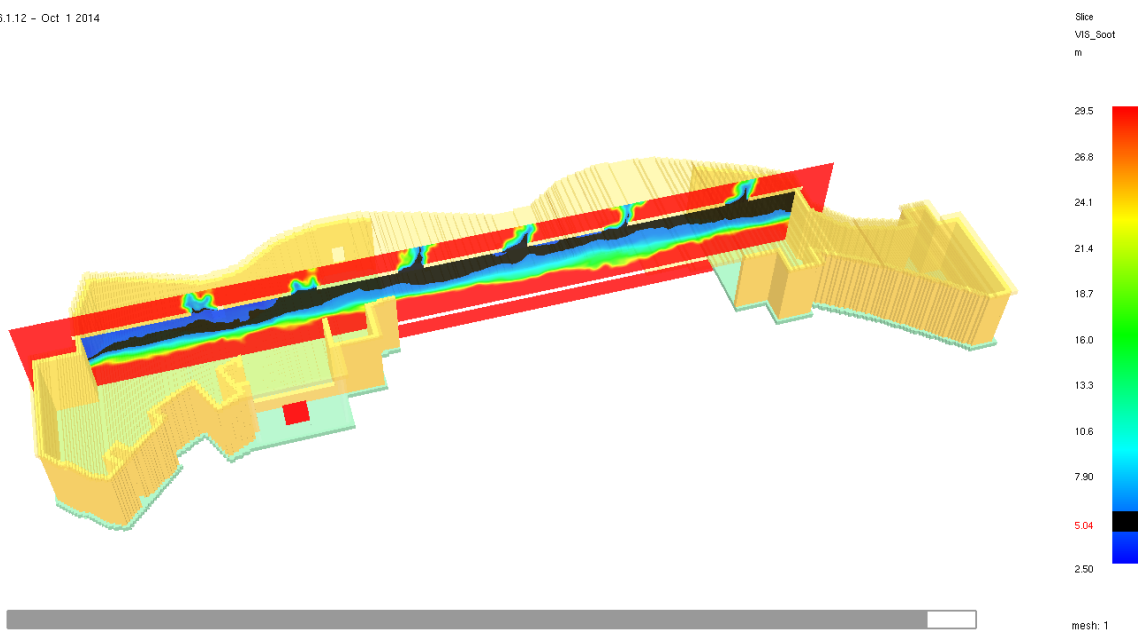




Figur 18.77 Simuleringens utseende efter 450 sekunder. Till vänster syns plan 1 och till höger plan 2.

Efter 450 sekunder är det 17 personer kvar i arenan. Alla personer har utrymt efter 585 sekunder.

Smokeview 6.1.12 - Oct 1 2014



Figur 18.78 Rökspridningens utseende 450 sekunder efter påbörjad utrymning

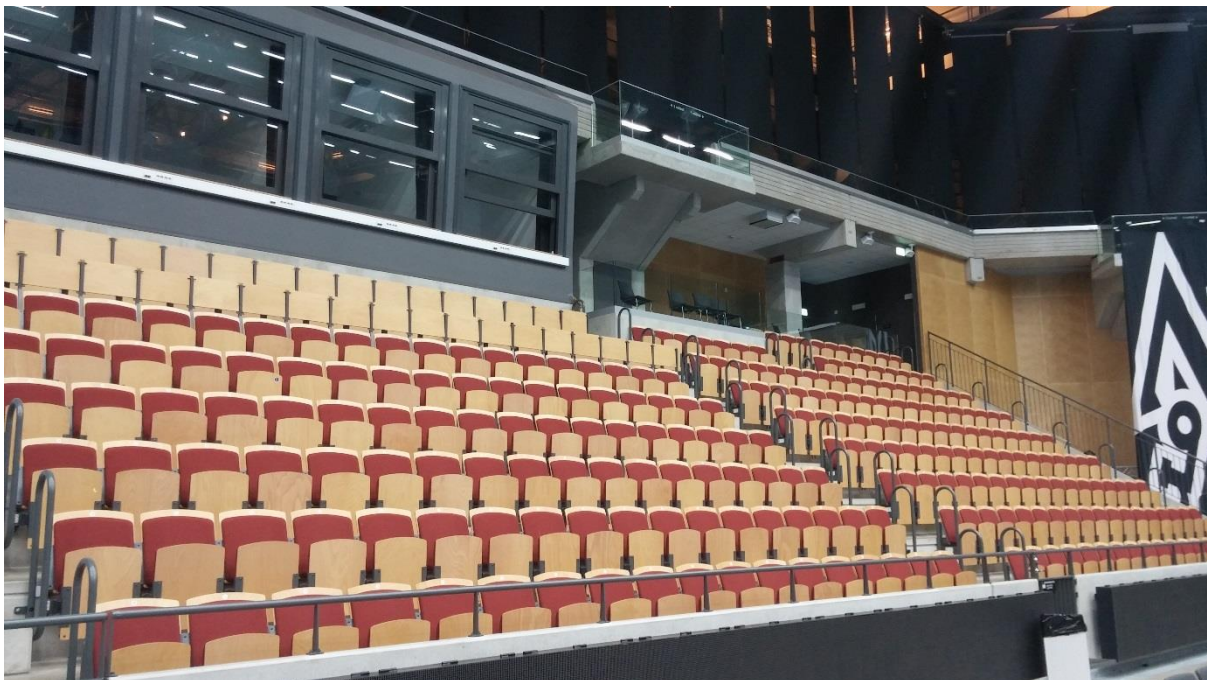


## 18.6 Bilaga 6 Bilder arena

I denna bilaga presenteras foton från platsbesöket.



Figur 18.79. Översiktbild över arenagolvet.

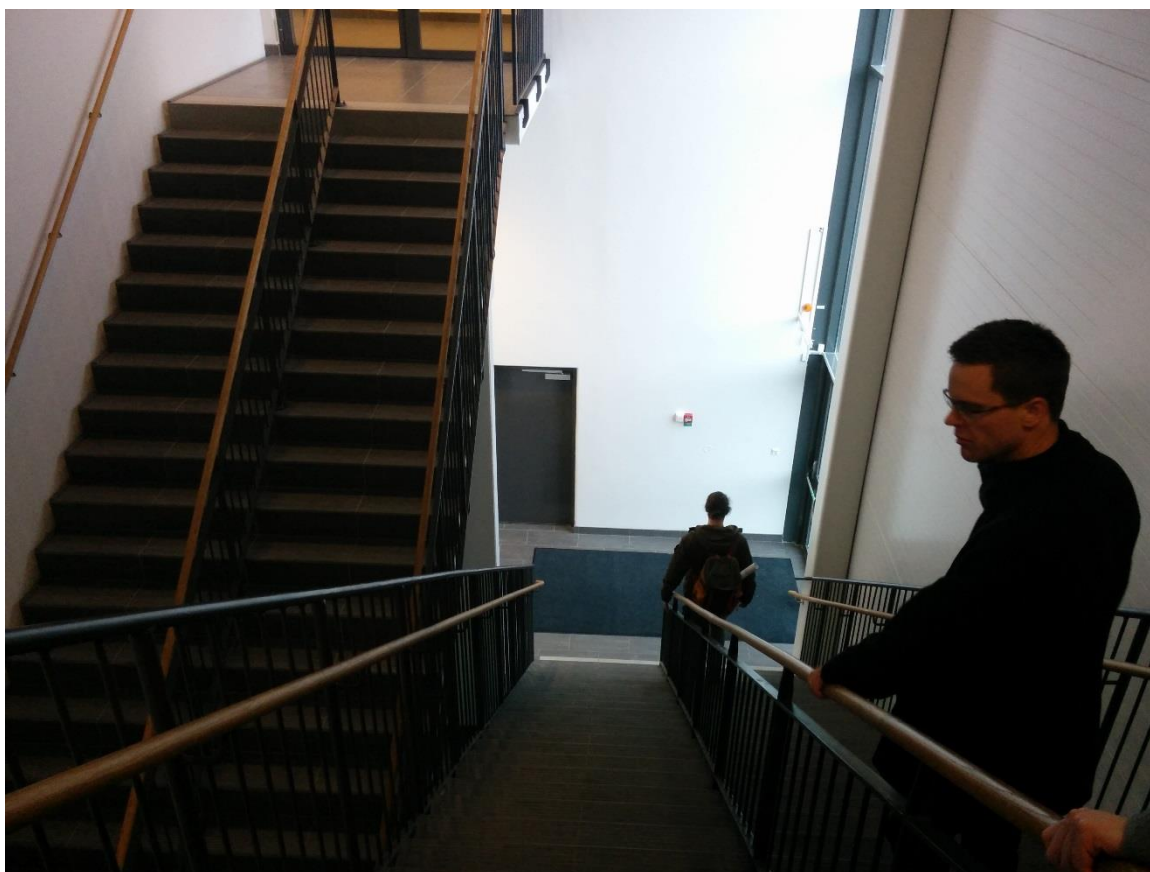


Figur 18.80. Foto av den nordöstra läktaren.





*Figur 18.81. Kiosk i den nordvästra delen av arenan. Denna kiosk användes i brandscenario 3.*



*Figur 18.82. Trapphus som används vid utrymning i sydöstra delen av arenan.*



*Figur 18.83. Reservfoajé norr om B-hallen.*



*Figur 18.84. Område vid lastzon i arenans sydöstra del.*





## 18.7 Bilaga 7 FDS-kod

Här redovisas FDS-koden för simuleringarna som gjorts av grundscenarierna. Alla rader som specificerar obstacles och holes har tagits bort då detta inte anses vara särskilt intressant.

### 18.7.1 Scenbrand

Arena.fds

Generated by PyroSim - Version 2015.1.0130

02-Apr-2015 11:32:35

&HEAD CHID='Arena/'

&TIME T\_END=600.0/

&DUMP RENDER\_FILE='Arena.ge1', DT\_RESTART=300.0/

&MESH ID='Arena-a-a', IJK=150,50,40, XB=-6.0,69.0,-8.5,16.5,0.0,20.0/

&MESH ID='Arena-a-b-a', IJK=120,24,40, XB=-4.5,55.5,16.5,28.5,0.0,20.0/

&MESH ID='Arena-a-b-b', IJK=54,48,80, XB=55.5,69.0,16.5,28.5,0.0,20.0/

&MESH ID='Arena-a-c', IJK=150,50,40, XB=-6.0,69.0,28.5,53.5,0.0,20.0/

&MESH ID='Arena-c', IJK=18,125,40, XB=69.0,78.0,-8.5,54.0,0.0,20.0/

&MESH ID='Tak', IJK=147,125,8, XB=-1.0,72.5,-8.5,54.0,20.0,24.0/

&REAC ID='POLYURETHANE\_REAC',

FYI='SFPE Handbook, GM27',

FUEL='REAC\_FUEL',

C=1.0,

H=1.7,

O=0.3,

N=0.08,

CO\_YIELD=0.0199,

SOOT\_YIELD=0.037/

Diverse OBSTACLES och HOLES som bygger upp geometrin av lokalen.

&MATL ID='CONCRETE',

FYI='NBSIR 88-3752 - ATF NIST Multi-Floor Validation',

SPECIFIC\_HEAT=1.04,

CONDUCTIVITY=1.8,

DENSITY=2280.0/

&SURF ID='Betong1',

RGB=146,202,166,

BACKING='VOID',

MATL\_ID(1,1)='CONCRETE',

```

MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,
THICKNESS(1)=0.5/
&SURF ID='Vent tilluft',
FYI='Tilluft1',
RGB=26,204,26,
VOLUME_FLOW=-5.0/
&SURF ID='Burner',
RGB=255,113,70,
HRRPUA=625.0,
RAMP_Q='Burner_RAMP_Q'/
&RAMP ID='Burner_RAMP_Q', T=0.0, F=0.0/
&RAMP ID='Burner_RAMP_Q', T=50.0, F=0.0052057/
&RAMP ID='Burner_RAMP_Q', T=100.0, F=0.0208228/
&RAMP ID='Burner_RAMP_Q', T=150.0, F=0.0468513/
&RAMP ID='Burner_RAMP_Q', T=200.0, F=0.0832912/
&RAMP ID='Burner_RAMP_Q', T=250.0, F=0.130142/
&RAMP ID='Burner_RAMP_Q', T=300.0, F=0.187405/
&RAMP ID='Burner_RAMP_Q', T=350.0, F=0.255079/
&RAMP ID='Burner_RAMP_Q', T=400.0, F=0.333165/
&RAMP ID='Burner_RAMP_Q', T=450.0, F=0.421661/
&RAMP ID='Burner_RAMP_Q', T=500.0, F=0.52057/
&RAMP ID='Burner_RAMP_Q', T=550.0, F=0.629889/
&RAMP ID='Burner_RAMP_Q', T=600.0, F=0.74962/
&RAMP ID='Burner_RAMP_Q', T=650.0, F=0.879763/
&RAMP ID='Burner_RAMP_Q', T=693.0, F=1.0/
&RAMP ID='Burner_RAMP_Q', T=900.0, F=1.0/

&VENT SURF_ID='OPEN', XB=-1.0,-1.0,-8.5,54.0,20.0,24.0/ Mesh Vent: Tak-a [XMIN]
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=-1.0,11.0,54.0,54.0,20.0,24.0/ Mesh Vent: Tak-a [YMAX]
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=-1.0,11.0,-8.5,-8.5,20.0,24.0/ Mesh Vent: Tak-a [YMIN]
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=-1.0,11.0,-8.5,54.0,24.0,24.0/ Mesh Vent: Tak-a [ZMAX]
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=-1.0,11.0,53.5,54.0,20.0,20.0/ Mesh Vent: Tak-a [ZMIN]
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=11.0,24.5,54.0,54.0,20.0,24.0/ Mesh Vent: Tak-b [YMAX]
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=11.0,24.5,-8.5,-8.5,20.0,24.0/ Mesh Vent: Tak-b [YMIN]
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=11.0,24.5,-8.5,54.0,24.0,24.0/ Mesh Vent: Tak-b [ZMAX]
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=11.0,24.5,53.5,54.0,20.0,20.0/ Mesh Vent: Tak-b [ZMIN]
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=24.5,40.5,54.0,54.0,20.0,24.0/ Mesh Vent: Tak-c [YMAX]
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=24.5,40.5,-8.5,-8.5,20.0,24.0/ Mesh Vent: Tak-c [YMIN]
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=24.5,40.5,-8.5,54.0,24.0,24.0/ Mesh Vent: Tak-c [ZMAX]
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=24.5,40.5,53.5,54.0,20.0,20.0/ Mesh Vent: Tak-c [ZMIN]
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=40.5,56.5,54.0,54.0,20.0,24.0/ Mesh Vent: Tak-d [YMAX]

```



&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=40.5,56.5,-8.5,-8.5,20.0,24.0/ Mesh Vent: Tak-d [YMIN]  
 &VENT SURF\_ID='OPEN', XB=40.5,56.5,-8.5,54.0,24.0,24.0/ Mesh Vent: Tak-d [ZMAX]  
 &VENT SURF\_ID='OPEN', XB=40.5,56.5,53.5,54.0,20.0,20.0/ Mesh Vent: Tak-d [ZMIN]  
 &VENT SURF\_ID='OPEN', XB=72.5,72.5,-8.5,54.0,20.0,24.0/ Mesh Vent: Tak-e [XMAX]  
 &VENT SURF\_ID='OPEN', XB=56.5,72.5,54.0,54.0,20.0,24.0/ Mesh Vent: Tak-e [YMAX]  
 &VENT SURF\_ID='OPEN', XB=56.5,72.5,-8.5,-8.5,20.0,24.0/ Mesh Vent: Tak-e [YMIN]  
 &VENT SURF\_ID='OPEN', XB=56.5,72.5,-8.5,54.0,24.0,24.0/ Mesh Vent: Tak-e [ZMAX]  
 &VENT SURF\_ID='OPEN', XB=56.5,69.0,53.5,54.0,20.0,20.0/ Mesh Vent: Tak-e [ZMIN]  
 &VENT SURF\_ID='OPEN', XB=-6.0,-6.0,-8.5,16.5,0.0,20.0/ Mesh Vent: Arena-a-a [XMIN]  
 &VENT SURF\_ID='OPEN', XB=-6.0,-4.5,16.5,16.5,0.0,20.0/ Mesh Vent: Arena-a-a [YMAX]  
 &VENT SURF\_ID='OPEN', XB=-6.0,69.0,-8.5,-8.5,0.0,20.0/ Mesh Vent: Arena-a-a [YMIN]  
 &VENT SURF\_ID='OPEN', XB=-6.0,-1.0,-8.5,16.5,20.0,20.0/ Mesh Vent: Arena-a-a [ZMAX]  
 &VENT SURF\_ID='OPEN', XB=-4.5,-4.5,16.5,28.5,0.0,20.0/ Mesh Vent: Arena-a-b-a [XMIN]  
 &VENT SURF\_ID='OPEN', XB=-4.5,-1.0,16.5,28.5,20.0,20.0/ Mesh Vent: Arena-a-b-a [ZMAX]  
 &VENT SURF\_ID='OPEN', XB=-6.0,-6.0,28.5,53.5,0.0,20.0/ Mesh Vent: Arena-a-c [XMIN]  
 &VENT SURF\_ID='OPEN', XB=-6.0,69.0,53.5,53.5,0.0,20.0/ Mesh Vent: Arena-a-c [YMAX]  
 &VENT SURF\_ID='OPEN', XB=-6.0,-4.5,28.5,28.5,0.0,20.0/ Mesh Vent: Arena-a-c [YMIN]  
 &VENT SURF\_ID='OPEN', XB=-6.0,-1.0,28.5,53.5,20.0,20.0/ Mesh Vent: Arena-a-c [ZMAX]  
 &VENT SURF\_ID='OPEN', XB=78.0,78.0,-8.5,54.0,0.0,20.0/ Mesh Vent: Arena-c [XMAX]  
 &VENT SURF\_ID='OPEN', XB=69.0,69.0,53.5,54.0,0.0,20.0/ Mesh Vent: Arena-c [XMIN]  
 &VENT SURF\_ID='OPEN', XB=69.0,78.0,54.0,54.0,0.0,20.0/ Mesh Vent: Arena-c [YMAX]  
 &VENT SURF\_ID='OPEN', XB=69.0,78.0,-8.5,-8.5,0.0,20.0/ Mesh Vent: Arena-c [YMIN]  
 &VENT SURF\_ID='OPEN', XB=72.5,78.0,-8.5,54.0,20.0,20.0/ Mesh Vent: Arena-c [ZMAX]

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=22.5/  
 &SLCF QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE., PBX=22.5/  
 &SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBX=22.5/  
 &SLCF QUANTITY='OPTICAL DENSITY', PBX=22.5/  
 &SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='CARBON DIOXIDE', PBX=22.5/  
 &SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='CARBON MONOXIDE', PBX=22.5/  
 &SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='OXYGEN', PBX=22.5/  
 &SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBZ=25.5/  
 &SLCF QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE., PBZ=25.5/  
 &SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBZ=25.5/  
 &SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBZ=3.0/  
 &SLCF QUANTITY='OPTICAL DENSITY', PBZ=3.0/  
 &SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBZ=3.0/  
 &SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='CARBON DIOXIDE', PBZ=3.0/  
 &SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='CARBON MONOXIDE', PBZ=3.0/  
 &SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='OXYGEN', PBZ=3.0/  
 &SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBZ=5.5/

&SLCF QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE., PBZ=5.5/  
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBZ=5.5/  
&SLCF QUANTITY='OPTICAL DENSITY', PBZ=5.5/  
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBZ=12.5/  
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBZ=12.5/  
&SLCF QUANTITY='OPTICAL DENSITY', PBZ=12.5/  
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBZ=8.0/  
&SLCF QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE., PBZ=8.0/  
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBZ=8.0/  
&SLCF QUANTITY='OPTICAL DENSITY', PBZ=8.0/  
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBZ=14.5/  
&SLCF QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE., PBZ=14.5/  
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBZ=14.5/  
&SLCF QUANTITY='OPTICAL DENSITY', PBZ=14.5/  
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBZ=11.0/  
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBZ=11.0/  
&SLCF QUANTITY='OPTICAL DENSITY', PBZ=11.0/  
&SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='CARBON DIOXIDE', PBZ=11.0/  
&SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='CARBON MONOXIDE', PBZ=11.0/  
&SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='OXYGEN', PBZ=11.0/  
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=5.0/  
&SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='CARBON DIOXIDE', PBX=5.0/  
&SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='CARBON MONOXIDE', PBX=5.0/  
&SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='OXYGEN', PBX=5.0/  
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBX=5.0/  
  
&TAIL /

## 18.7.2 Garderobsbrand

Garderob.fds

Generated by PyroSim - Version 2015.1.0130

02-Apr-2015 11:31:25

&HEAD CHID='Garderob/'

&TIME T\_END=600.0/

&DUMP RENDER\_FILE='Garderob.ge1', DT\_RESTART=30.0/

&MESH ID='Mesh01-a-a-a', IJK=54,108,24, XB=-0.25,13.25,0.0,27.0,-0.25,5.75/

&MESH ID='Mesh01-a-a-b', IJK=54,108,27, XB=-0.25,13.25,0.0,27.0,5.75,12.5/

&MESH ID='Mesh01-a-b-a', IJK=72,135,24, XB=13.25,31.25,0.0,33.75,-0.25,5.75/

&MESH ID='Mesh01-a-b-b', IJK=72,135,27, XB=13.25,31.25,0.0,33.75,5.75,12.5/

&MESH ID='Mesh01-b-b-a', IJK=75,135,24, XB=55.25,74.0,3.0,36.75,-0.25,5.75/

&MESH ID='Mesh01-b-b-b', IJK=75,135,27, XB=55.25,74.0,3.0,36.75,5.75,12.5/

&MESH ID='Mesh01-b-a-a-a', IJK=96,108,24, XB=31.25,55.25,0.0,27.0,-0.25,5.75/

&MESH ID='Mesh01-b-a-a-b', IJK=96,108,27, XB=31.25,55.25,0.0,27.0,5.75,12.5/

&REAC ID='POLYURETHANE\_REAC',

FYI='SFPE Handbook, GM27',

FUEL='REAC\_FUEL',

C=1.0,

H=1.7,

O=0.3,

N=0.08,

CO\_YIELD=0.0675,

SOOT\_YIELD=0.054/

&DEVC ID='strålning 1', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=19.0,23.5,2.1/

&DEVC ID='strålning3', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=22.0,18.5,2.1/

&DEVC ID='strålning2', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=19.0,23.5,2.5/

&DEVC ID='strålning4', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=22.0,18.5,2.5/

&DEVC ID='strålning5', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=30.5,19.75,4.5/

&DEVC ID='strålning6', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=27.25,20.0,8.0/

&DEVC ID='strålning7', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=57.8721,20.0,8.0/

&DEVC ID='strålning8', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=42.4341,8.5,2.1/

&DEVC ID='strålning9', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=42.4341,8.5,2.5/

&DEVC ID='strålning10', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=22.5,29.25,1.75/

&DEVC ID='strålning11', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=20.0,29.25,1.75/

&DEVC ID='rökdet', QUANTITY='AEROSOL VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='SOOT', XYZ=19.0,23.5,3.25/

```

&DEVC ID='rökdet2', QUANTITY='AEROSOL VOLUME FRACTION', SPEC_ID='SOOT', XYZ=21.5857,19.25,3.25/
&MATL ID='CONCRETE',
    FYI='NBSIR 88-3752 - ATF NIST Multi-Floor Validation',
    SPECIFIC_HEAT=1.04,
    CONDUCTIVITY=1.8,
    DENSITY=2280.0/

&SURF ID='betong',
    RGB=146,202,166,
    BACKING='VOID',
    MATL_ID(1,1)='CONCRETE',
    MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,
    THICKNESS(1)=0.25/

&SURF ID='brännare 3',
    COLOR='RED',
    HRRPUA=214.286,
    RAMP_Q='brännare 3_RAMP_Q'/

&RAMP ID='brännare 3_RAMP_Q', T=0.0, F=0.0/
&RAMP ID='brännare 3_RAMP_Q', T=25.0, F=0.0/
&RAMP ID='brännare 3_RAMP_Q', T=50.0, F=0.0/
&RAMP ID='brännare 3_RAMP_Q', T=75.0, F=0.0/
&RAMP ID='brännare 3_RAMP_Q', T=100.0, F=0.0/
&RAMP ID='brännare 3_RAMP_Q', T=125.0, F=0.0/
&RAMP ID='brännare 3_RAMP_Q', T=150.0, F=0.0/
&RAMP ID='brännare 3_RAMP_Q', T=175.0, F=0.0/
&RAMP ID='brännare 3_RAMP_Q', T=200.0, F=0.0/
&RAMP ID='brännare 3_RAMP_Q', T=225.0, F=0.0/
&RAMP ID='brännare 3_RAMP_Q', T=250.0, F=0.0/
&RAMP ID='brännare 3_RAMP_Q', T=275.0, F=0.0147917/
&RAMP ID='brännare 3_RAMP_Q', T=300.0, F=0.0591667/
&RAMP ID='brännare 3_RAMP_Q', T=325.0, F=0.133125/
&RAMP ID='brännare 3_RAMP_Q', T=350.0, F=0.236667/
&RAMP ID='brännare 3_RAMP_Q', T=375.0, F=0.369792/
&RAMP ID='brännare 3_RAMP_Q', T=400.0, F=0.5325/
&RAMP ID='brännare 3_RAMP_Q', T=425.0, F=0.724792/
&RAMP ID='brännare 3_RAMP_Q', T=450.0, F=0.946667/
&RAMP ID='brännare 3_RAMP_Q', T=475.0, F=1.0/
&RAMP ID='brännare 3_RAMP_Q', T=500.0, F=1.0/
&RAMP ID='brännare 3_RAMP_Q', T=525.0, F=1.0/
&RAMP ID='brännare 3_RAMP_Q', T=550.0, F=1.0/

```

&RAMP ID='brännare 3\_RAMP\_Q', T=575.0, F=1.0/  
&RAMP ID='brännare 3\_RAMP\_Q', T=600.0, F=1.0/  
&RAMP ID='brännare 3\_RAMP\_Q', T=625.0, F=1.0/  
&RAMP ID='brännare 3\_RAMP\_Q', T=650.0, F=1.0/  
&RAMP ID='brännare 3\_RAMP\_Q', T=675.0, F=0.946667/  
&RAMP ID='brännare 3\_RAMP\_Q', T=700.0, F=0.724792/  
&RAMP ID='brännare 3\_RAMP\_Q', T=725.0, F=0.5325/  
&RAMP ID='brännare 3\_RAMP\_Q', T=750.0, F=0.369792/  
&RAMP ID='brännare 3\_RAMP\_Q', T=775.0, F=0.236667/  
&RAMP ID='brännare 3\_RAMP\_Q', T=800.0, F=0.133125/  
&RAMP ID='brännare 3\_RAMP\_Q', T=825.0, F=0.0591667/  
&RAMP ID='brännare 3\_RAMP\_Q', T=850.0, F=0.0147917/  
&RAMP ID='brännare 3\_RAMP\_Q', T=875.0, F=0.0/  
&SURF ID='brännare 2',  
    COLOR='RED',  
    HRRPUA=214.286,  
    RAMP\_Q='brännare 2\_RAMP\_Q'/  
&RAMP ID='brännare 2\_RAMP\_Q', T=0.0, F=0.0/  
&RAMP ID='brännare 2\_RAMP\_Q', T=25.0, F=0.0/  
&RAMP ID='brännare 2\_RAMP\_Q', T=50.0, F=0.0/  
&RAMP ID='brännare 2\_RAMP\_Q', T=75.0, F=0.0/  
&RAMP ID='brännare 2\_RAMP\_Q', T=100.0, F=0.0/  
&RAMP ID='brännare 2\_RAMP\_Q', T=125.0, F=0.0/  
&RAMP ID='brännare 2\_RAMP\_Q', T=150.0, F=0.0147917/  
&RAMP ID='brännare 2\_RAMP\_Q', T=175.0, F=0.0591667/  
&RAMP ID='brännare 2\_RAMP\_Q', T=200.0, F=0.133125/  
&RAMP ID='brännare 2\_RAMP\_Q', T=225.0, F=0.236667/  
&RAMP ID='brännare 2\_RAMP\_Q', T=250.0, F=0.369792/  
&RAMP ID='brännare 2\_RAMP\_Q', T=275.0, F=0.5325/  
&RAMP ID='brännare 2\_RAMP\_Q', T=300.0, F=0.724792/  
&RAMP ID='brännare 2\_RAMP\_Q', T=325.0, F=0.946667/  
&RAMP ID='brännare 2\_RAMP\_Q', T=350.0, F=1.0/  
&RAMP ID='brännare 2\_RAMP\_Q', T=375.0, F=1.0/  
&RAMP ID='brännare 2\_RAMP\_Q', T=400.0, F=1.0/  
&RAMP ID='brännare 2\_RAMP\_Q', T=425.0, F=1.0/  
&RAMP ID='brännare 2\_RAMP\_Q', T=450.0, F=1.0/  
&RAMP ID='brännare 2\_RAMP\_Q', T=475.0, F=1.0/  
&RAMP ID='brännare 2\_RAMP\_Q', T=500.0, F=1.0/  
&RAMP ID='brännare 2\_RAMP\_Q', T=525.0, F=1.0/  
&RAMP ID='brännare 2\_RAMP\_Q', T=550.0, F=0.946667/

&RAMP ID='brännare 2\_RAMP\_Q', T=575.0, F=0.724792/  
&RAMP ID='brännare 2\_RAMP\_Q', T=600.0, F=0.5325/  
&RAMP ID='brännare 2\_RAMP\_Q', T=625.0, F=0.369792/  
&RAMP ID='brännare 2\_RAMP\_Q', T=650.0, F=0.236667/  
&RAMP ID='brännare 2\_RAMP\_Q', T=675.0, F=0.133125/  
&RAMP ID='brännare 2\_RAMP\_Q', T=700.0, F=0.0591667/  
&RAMP ID='brännare 2\_RAMP\_Q', T=725.0, F=0.0147917/  
&RAMP ID='brännare 2\_RAMP\_Q', T=750.0, F=0.0/  
&RAMP ID='brännare 2\_RAMP\_Q', T=775.0, F=0.0/  
&RAMP ID='brännare 2\_RAMP\_Q', T=800.0, F=0.0/  
&RAMP ID='brännare 2\_RAMP\_Q', T=825.0, F=0.0/  
&SURF ID='brännare',  
    COLOR='RED',  
    HRRPUA=214.286,  
    RAMP\_Q='brännare\_RAMP\_Q'/  
&RAMP ID='brännare\_RAMP\_Q', T=0.0, F=0.0/  
&RAMP ID='brännare\_RAMP\_Q', T=25.0, F=0.0147917/  
&RAMP ID='brännare\_RAMP\_Q', T=50.0, F=0.0591667/  
&RAMP ID='brännare\_RAMP\_Q', T=75.0, F=0.133125/  
&RAMP ID='brännare\_RAMP\_Q', T=100.0, F=0.236667/  
&RAMP ID='brännare\_RAMP\_Q', T=125.0, F=0.369792/  
&RAMP ID='brännare\_RAMP\_Q', T=150.0, F=0.5325/  
&RAMP ID='brännare\_RAMP\_Q', T=175.0, F=0.724792/  
&RAMP ID='brännare\_RAMP\_Q', T=200.0, F=0.946667/  
&RAMP ID='brännare\_RAMP\_Q', T=225.0, F=1.0/  
&RAMP ID='brännare\_RAMP\_Q', T=250.0, F=1.0/  
&RAMP ID='brännare\_RAMP\_Q', T=275.0, F=1.0/  
&RAMP ID='brännare\_RAMP\_Q', T=300.0, F=1.0/  
&RAMP ID='brännare\_RAMP\_Q', T=325.0, F=1.0/  
&RAMP ID='brännare\_RAMP\_Q', T=350.0, F=1.0/  
&RAMP ID='brännare\_RAMP\_Q', T=375.0, F=1.0/  
&RAMP ID='brännare\_RAMP\_Q', T=400.0, F=1.0/  
&RAMP ID='brännare\_RAMP\_Q', T=425.0, F=0.946667/  
&RAMP ID='brännare\_RAMP\_Q', T=450.0, F=0.724792/  
&RAMP ID='brännare\_RAMP\_Q', T=475.0, F=0.5325/  
&RAMP ID='brännare\_RAMP\_Q', T=500.0, F=0.369792/  
&RAMP ID='brännare\_RAMP\_Q', T=525.0, F=0.236667/  
&RAMP ID='brännare\_RAMP\_Q', T=550.0, F=0.133125/  
&RAMP ID='brännare\_RAMP\_Q', T=575.0, F=0.0591667/  
&RAMP ID='brännare\_RAMP\_Q', T=600.0, F=0.0147917/

&RAMP ID='brännare\_RAMP\_Q', T=625.0, F=0.0/  
&RAMP ID='brännare\_RAMP\_Q', T=650.0, F=0.0/  
&RAMP ID='brännare\_RAMP\_Q', T=675.0, F=0.0/  
&RAMP ID='brännare\_RAMP\_Q', T=700.0, F=0.0/  
&RAMP ID='brännare\_RAMP\_Q', T=725.0, F=0.0/  
&RAMP ID='brännare\_RAMP\_Q', T=750.0, F=0.0/  
&RAMP ID='brännare\_RAMP\_Q', T=775.0, F=0.0/  
&RAMP ID='brännare\_RAMP\_Q', T=800.0, F=0.0/  
&RAMP ID='brännare\_RAMP\_Q', T=825.0, F=0.0/

&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=-0.25,-0.25,0.0,27.0,-0.25,5.75/ Mesh Vent: Mesh01-a-a-a [XMIN]  
&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=-0.25,13.25,27.0,27.0,-0.25,5.75/ Mesh Vent: Mesh01-a-a-a [YMAX]  
&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=-0.25,13.25,0.0,0.0,-0.25,5.75/ Mesh Vent: Mesh01-a-a-a [YMIN]  
&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=-0.25,-0.25,0.0,27.0,5.75,12.5/ Mesh Vent: Mesh01-a-a-b [XMIN]  
&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=-0.25,13.25,27.0,27.0,5.75,12.5/ Mesh Vent: Mesh01-a-a-b [YMAX]  
&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=-0.25,13.25,0.0,0.0,5.75,12.5/ Mesh Vent: Mesh01-a-a-b [YMIN]  
&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=-0.25,13.25,0.0,27.0,12.5,12.5/ Mesh Vent: Mesh01-a-a-b [ZMAX]  
&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=31.25,31.25,27.0,33.75,-0.25,5.75/ Mesh Vent: Mesh01-a-b-a [XMAX]  
&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=13.25,13.25,27.0,33.75,-0.25,5.75/ Mesh Vent: Mesh01-a-b-a [XMIN]  
&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=13.25,31.25,33.75,33.75,-0.25,5.75/ Mesh Vent: Mesh01-a-b-a [YMAX]  
&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=13.25,31.25,0.0,0.0,-0.25,5.75/ Mesh Vent: Mesh01-a-b-a [YMIN]  
&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=31.25,31.25,27.0,33.75,5.75,12.5/ Mesh Vent: Mesh01-a-b-b [XMAX]  
&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=13.25,13.25,27.0,33.75,5.75,12.5/ Mesh Vent: Mesh01-a-b-b [XMIN]  
&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=13.25,31.25,33.75,33.75,5.75,12.5/ Mesh Vent: Mesh01-a-b-b [YMAX]  
&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=13.25,31.25,0.0,0.0,5.75,12.5/ Mesh Vent: Mesh01-a-b-b [YMIN]  
&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=13.25,31.25,0.0,33.75,12.5,12.5/ Mesh Vent: Mesh01-a-b-b [ZMAX]  
&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=74.0,74.0,3.0,36.75,-0.25,5.75/ Mesh Vent: Mesh01-b-b-a [XMAX]  
&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=55.25,55.25,27.0,36.75,-0.25,5.75/ Mesh Vent: Mesh01-b-b-a [XMIN]  
&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=55.25,74.0,36.75,36.75,-0.25,5.75/ Mesh Vent: Mesh01-b-b-a [YMAX]  
&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=55.25,74.0,3.0,3.0,-0.25,5.75/ Mesh Vent: Mesh01-b-b-a [YMIN]  
&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=74.0,74.0,3.0,36.75,5.75,12.5/ Mesh Vent: Mesh01-b-b-b [XMAX]  
&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=55.25,55.25,27.0,36.75,5.75,12.5/ Mesh Vent: Mesh01-b-b-b [XMIN]  
&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=55.25,74.0,36.75,36.75,5.75,12.5/ Mesh Vent: Mesh01-b-b-b [YMAX]  
&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=55.25,74.0,3.0,3.0,5.75,12.5/ Mesh Vent: Mesh01-b-b-b [YMIN]  
&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=55.25,74.0,3.0,36.75,12.5,12.5/ Mesh Vent: Mesh01-b-b-b [ZMAX]  
&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=55.25,55.25,0.0,3.0,-0.25,5.75/ Mesh Vent: Mesh01-b-a-a-a [XMAX]  
&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=31.25,55.25,27.0,27.0,-0.25,5.75/ Mesh Vent: Mesh01-b-a-a-a [YMAX]  
&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=31.25,55.25,0.0,0.0,-0.25,5.75/ Mesh Vent: Mesh01-b-a-a-a [YMIN]  
&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=55.25,55.25,0.0,3.0,5.75,12.5/ Mesh Vent: Mesh01-b-a-a-b [XMAX]  
&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=31.25,55.25,27.0,27.0,5.75,12.5/ Mesh Vent: Mesh01-b-a-a-b [YMAX]

&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=31.25,55.25,0.0,0.0,5.75,12.5/ Mesh Vent: Mesh01-b-a-a-b [YMIN]  
&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=31.25,55.25,0.0,27.0,12.5,12.5/ Mesh Vent: Mesh01-b-a-a-b [ZMAX]

&BNDF QUANTITY='RADIOMETER'/

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBZ=5.75/  
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBZ=2.5/  
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBZ=2.5/  
&SLCF QUANTITY='OPTICAL DENSITY', PBZ=2.5/  
&SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='CARBON DIOXIDE', PBZ=2.5/  
&SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='CARBON MONOXIDE', PBZ=2.5/  
&SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='OXYGEN', PBZ=2.5/  
&SLCF QUANTITY='OPTICAL DENSITY', PBY=15.5/  
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBY=15.5/  
&SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='CARBON DIOXIDE', PBZ=7.75/  
&SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='CARBON MONOXIDE', PBZ=7.75/  
&SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='OXYGEN', PBZ=7.75/  
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBZ=7.75/  
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBZ=7.75/  
&SLCF QUANTITY='OPTICAL DENSITY', PBZ=7.75/  
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBY=15.5/  
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBY=29.5/  
&SLCF QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE., PBY=29.5/  
&SLCF QUANTITY='OPTICAL DENSITY', PBX=19.0/  
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBX=19.0/  
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=19.0/  
&SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='CARBON DIOXIDE', PBX=19.0/  
&SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='CARBON MONOXIDE', PBX=19.0/  
&SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='OXYGEN', PBX=19.0/  
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBY=8.75/  
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBY=8.75/  
&SLCF QUANTITY='OPTICAL DENSITY', PBY=8.75/  
&SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='CARBON DIOXIDE', PBY=8.75/  
&SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='CARBON MONOXIDE', PBY=8.75/  
&SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='OXYGEN', PBY=8.75/

&TAIL /



## 18.7.3 Kioskbrand

Kiosk.fds

Generated by PyroSim - Version 2015.1.0130

02-Apr-2015 15:31:19

&HEAD CHID='Kiosk'/

&TIME T\_END=600.0/

&DUMP RENDER\_FILE='Kiosk.ge1', DT\_RESTART=300.0/

&MESH ID='Mesh01-b-a-a-a-b', IJK=125,60,50, XB=-57.0,-32.0,-6.0,6.0,-2.0,8.0/

&MESH ID='Mesh01-b-a-a-b-a', IJK=100,80,50, XB=-57.0,-37.0,6.0,22.0,-2.0,8.0/

&MESH ID='Mesh01-b-a-b-a-a-a', IJK=64,72,50, XB=-57.0,-44.2,22.0,36.4,-2.0,8.0/

&MESH ID='Mesh01-b-a-b-a-b', IJK=90,64,50, XB=-57.0,-39.0,36.4,49.2,-2.0,8.0/

&MESH ID='Mesh01-b-a-c-a-b', IJK=90,50,50, XB=-55.4,-37.4,49.2,59.2,-2.0,8.0/

&MESH ID='Mesh01-b-b-b-a-b', IJK=64,50,50, XB=-45.2,-32.4,59.2,69.2,-2.0,8.0/

&REAC ID='POLYURETHANE\_REAC',

FYI='SFPE Handbook, GM27',

FUEL='REAC\_FUEL',

C=1.0,

H=1.7,

O=0.3,

N=0.08,

CO\_YIELD=0.004,

SOOT\_YIELD=0.015/

&DEVC ID='Stralning', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=-42.6,-0.8,1.6/

&DEVC ID='Stralning01', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=-42.6,-0.8,2.0/

&DEVC ID='2Stralning', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=-46.8,12.6,1.6/

&DEVC ID='2Stralning01', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=-46.8,12.6,2.0/

&DEVC ID='3Stralning', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=-49.0,31.2,1.6/

&DEVC ID='3Stralning01', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=-49.0,31.2,2.0/

&DEVC ID='4Stralning', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=-49.0,48.2,1.6/

&DEVC ID='4Stralning01', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=-49.0,48.2,2.0/

&DEVC ID='5Stralning', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=-38.8,65.0,1.6/

&DEVC ID='5Stralning01', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=-38.8,65.0,2.0/

&MATL ID='CONCRETE',

FYI='NBSIR 88-3752 - ATF NIST Multi-Floor Validation',

SPECIFIC\_HEAT=1.04,

CONDUCTIVITY=1.8,

DENSITY=2280.0/

&SURF ID='betongvägg',

RGB=146,202,166,

BACKING='VOID',

MATL\_ID(1,1)='CONCRETE',

MATL\_MASS\_FRACTION(1,1)=1.0,

THICKNESS(1)=0.4/

&SURF ID='burner',

COLOR='RED',

HRRPUA=264.1,

RAMP\_Q='burner\_RAMP\_Q'/

&RAMP ID='burner\_RAMP\_Q', T=0.0, F=0.0/

&RAMP ID='burner\_RAMP\_Q', T=50.0, F=0.013112/

&RAMP ID='burner\_RAMP\_Q', T=100.0, F=0.052449/

&RAMP ID='burner\_RAMP\_Q', T=150.0, F=0.118011/

&RAMP ID='burner\_RAMP\_Q', T=200.0, F=0.209797/

&RAMP ID='burner\_RAMP\_Q', T=250.0, F=0.327808/

&RAMP ID='burner\_RAMP\_Q', T=300.0, F=0.472043/

&RAMP ID='burner\_RAMP\_Q', T=350.0, F=0.642503/

&RAMP ID='burner\_RAMP\_Q', T=400.0, F=0.839188/

&RAMP ID='burner\_RAMP\_Q', T=437.0, F=1.0/

&RAMP ID='burner\_RAMP\_Q', T=900.0, F=1.0/

&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=-32.0,-32.0,-6.0,6.0,-2.0,8.0/ Mesh Vent: Mesh01-b-a-a-a-a-b [XMAX]

&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=-57.0,-57.0,-6.0,6.0,-2.0,8.0/ Mesh Vent: Mesh01-b-a-a-a-a-b [XMIN]

&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=-37.0,-32.0,6.0,6.0,-2.0,8.0/ Mesh Vent: Mesh01-b-a-a-a-a-b [YMAX]

&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=-57.0,-32.0,-6.0,-6.0,-2.0,8.0/ Mesh Vent: Mesh01-b-a-a-a-a-b [YMIN]

&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=-57.0,-32.0,-6.0,6.0,8.0,8.0/ Mesh Vent: Mesh01-b-a-a-a-a-b [ZMAX]

&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=-37.0,-37.0,6.0,22.0,-2.0,8.0/ Mesh Vent: Mesh01-b-a-a-b-a [XMAX]

&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=-57.0,-57.0,6.0,22.0,-2.0,8.0/ Mesh Vent: Mesh01-b-a-a-b-a [XMIN]

&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=-44.2,-37.0,22.0,22.0,-2.0,8.0/ Mesh Vent: Mesh01-b-a-a-b-a [YMAX]

&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=-57.0,-37.0,6.0,22.0,8.0,8.0/ Mesh Vent: Mesh01-b-a-a-b-a [ZMAX]

&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=-44.2,-44.2,22.0,36.4,-2.0,8.0/ Mesh Vent: Mesh01-b-a-b-a-a-a [XMAX]

&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=-57.0,-57.0,22.0,36.4,-2.0,8.0/ Mesh Vent: Mesh01-b-a-b-a-a-a [XMIN]

&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=-57.0,-44.2,22.0,36.4,8.0,8.0/ Mesh Vent: Mesh01-b-a-b-a-a-a [ZMAX]

&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=-39.0,-39.0,36.4,49.2,-2.0,8.0/ Mesh Vent: Mesh01-b-a-b-a-b [XMAX]

&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=-57.0,-57.0,36.4,49.2,-2.0,8.0/ Mesh Vent: Mesh01-b-a-b-a-b [XMIN]

&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=-57.0,-55.4,49.2,49.2,-2.0,8.0/ Mesh Vent: Mesh01-b-a-b-a-b [YMAX]

&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=-44.2,-39.0,36.4,36.4,-2.0,8.0/ Mesh Vent: Mesh01-b-a-b-a-b [YMIN]

&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=-57.0,-39.0,36.4,49.2,8.0,8.0/ Mesh Vent: Mesh01-b-a-b-a-b [ZMAX]  
&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=-37.4,-37.4,49.2,59.2,-2.0,8.0/ Mesh Vent: Mesh01-b-a-c-a-b [XMAX]  
&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=-55.4,-55.4,49.2,59.2,-2.0,8.0/ Mesh Vent: Mesh01-b-a-c-a-b [XMIN]  
&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=-55.4,-45.2,59.2,59.2,-2.0,8.0/ Mesh Vent: Mesh01-b-a-c-a-b [YMAX]  
&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=-39.0,-37.4,49.2,49.2,-2.0,8.0/ Mesh Vent: Mesh01-b-a-c-a-b [YMIN]  
&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=-55.4,-37.4,49.2,59.2,8.0,8.0/ Mesh Vent: Mesh01-b-a-c-a-b [ZMAX]  
&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=-32.4,-32.4,59.2,69.2,-2.0,8.0/ Mesh Vent: Mesh01-b-b-b-a-b [XMAX]  
&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=-45.2,-45.2,59.2,69.2,-2.0,8.0/ Mesh Vent: Mesh01-b-b-b-a-b [XMIN]  
&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=-45.2,-32.4,69.2,69.2,-2.0,8.0/ Mesh Vent: Mesh01-b-b-b-a-b [YMAX]  
&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=-37.4,-32.4,59.2,59.2,-2.0,8.0/ Mesh Vent: Mesh01-b-b-b-a-b [YMIN]  
&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=-45.2,-32.4,59.2,69.2,8.0,8.0/ Mesh Vent: Mesh01-b-b-b-a-b [ZMAX]

&BNDF QUANTITY='RADIOMETER'/

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBZ=1.6/

&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBZ=1.6/

&SLCF QUANTITY='OPTICAL DENSITY', PBZ=1.6/

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBY=13.0/

&SLCF QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE., PBY=13.0/

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBZ=2.0/

&SLCF QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE., PBZ=2.0/

&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBZ=2.0/

&SLCF QUANTITY='OPTICAL DENSITY', PBZ=2.0/

&SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='CARBON DIOXIDE', PBZ=2.0/

&SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='CARBON MONOXIDE', PBZ=2.0/

&SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='OXYGEN', PBZ=2.0/

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=-48.4/

&SLCF QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE., PBX=-48.4/

&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBX=-48.4/

&SLCF QUANTITY='OPTICAL DENSITY', PBX=-48.4/

&SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='CARBON DIOXIDE', PBX=-48.4/

&SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='CARBON MONOXIDE', PBX=-48.4/

&SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='OXYGEN', PBX=-48.4/

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=-36.8/

&SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='CARBON DIOXIDE', PBX=-36.8/

&SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='CARBON MONOXIDE', PBX=-36.8/

&SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='OXYGEN', PBX=-36.8/

&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBX=-36.8/

&TAIL /