

Lund 2016-05-23

Avdelningen för
brandteknik
Lunds universitet

Division of Fire Safety
Engineering
Lund University
Sweden

Rapport 9490

Brandteknisk riskvärdering

Boråshallen



Ludvig Altesjö
Lukas Blentesson
David Nilsson
Olle Torbjörnsson



LUNDS UNIVERSITET
Lunds Tekniska Högskola

Omslagsbild: Boråshallen, foto av Olle Torbjörnsson

Brandteknisk riskvärdering Boråshallen

Ludvig Altesjö • Lukas Blentesson • David Nilsson
Olle Torbjörnsson

Lund 2016

Anmärkning

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.

Disclaimer

The following report is developed in teaching. The main purpose has been training in problem solving and methodology. The report's findings and computational results are not quality checked to the extent required for quality assurance. The report must be used with great caution. The usage of results from the report in any context is your own responsibility.

Rapport /Report:

9490

Titel/Title:

Brandteknisk riskvärdering Boråshallen/Fire Safety Evaluation Boråshallen

Antal sidor/Number of pages:

116 (inklusive bilagor/Including appendix)

Författare/Authors:

Ludvig Altesjö, Lukas Blentesson, David Nilsson, Olle Torbjörnsson

Sökord:

Brandteknisk riskvärdering, idrottsarena, sporthall, Borås, Boråshallen, personsäkerhet, brandscenario, kritiska förhållanden, utrymning, simulering, FDS, Pathfinder.

Keywords:

Fire safety evaluation, stadion, sporthall, Borås, Boråshallen, personal safety, fire scenario, critical condition, evacuation, simulation, FDS, Pathfinder.

Språk/Language:

Svenska/Swedish

Abstract

This report is evaluating the evacuation safety of a sports hall in Borås, Boråshallen. It is a 6 floor building containing a basket hall and auxiliary training facilities. Fire scenarios of varying severity were evaluated. Computer modelling was done in a CFD software, FDS, to find the time to critical conditions. That in turn was compared to egress time calculated by evacuation simulation program, Pathfinder. Overall results show that Boråshallen is a quite safe building. Notable exception is poor egress performance in some rooms when they serve as sleeping quarters. Number of recommendation has been made in order to improve safety even more than it is the case today.

**Avdelningen för
brandteknik**
Lunds universitet
Box 118
221 00 LUND
telefon: 046-222 73 60
e-post: brand@brand.lth.se
<http://www.brand.lth.se>

**Division of Fire Safety
Engineering**
Lund University
P.O. Box 118
SE-221 00 LUND SWEDEN
telephone: +46-(0)46-222 73 60
e-mail: brand@brand.lth.se
<http://www.brand.lth.se>

Förord

Att utvärdera personsäkerhet på Boråshallen har varit lärorikt.

Vi vill tacka följande personer:

Tack till *Peder Liljeroth* och *Pontus Studahl* vid Södra Älvsborgs Räddningstjänstförbund.

Tack till *Johan Svensson* vid Boråshallen.

Tack till *Annica Riley* på Samhällsbyggnadsförvaltningen, Borås stad för planritningarna.

Tack *Donny Bruhn* på Cadsafe Brandservice AB för branddokumentationen.

Tack *Lennart Johansson* på TENGBOM Borås för CAD-ritningarna.

Tack *Bjarne Husted, Daniel Nilsson, Enrico Ronchi, och Jonathan Wahlqvist* vid Lunds universitet.

Tack *Frida Vermina Lundström* vid Lunds universitet, handledare till tre av oss i en tidigare kurs, för att du visade oss hur man skriver en bra rapport.

Lund, Nationaldagen 2016

Ludvig, Lukas, David och Olle

Sammanfattning

Den här rapporten är en del av kursen VBR054, Brandteknisk riskvärdering som ges vid slutet av tredje året på brandingenjörsutbildningen vid Lunds tekniska högskola, LTH. I rapporten undersöks utrymningssäkerheten vid brand i Boråshallen. Anläggningen som är en äldre idrottshall ligger i Borås. Den består av huvudhallen, den så kallade A-hallen med en basketplan och läktare samt ett antal mindre lokaler, bland annat en gymnastikhall (B-hallen), mindre träningslokaler som C-hallar och boxningslokal samt kommersiella anläggningar som bowlinghall och minigolf. Det är inte alla utrymmen som beaktas i rapporten utan avgränsningar har gjorts med hänsyn tagen till sannolikhet och konsekvenser för de olika brandscenarierna. Program för att simulera brandförlopp (FDS) används för att bestämma tid till att kritiska förhållanden inträder vid brand. Den jämförs med tiden som behövs för utrymning som i sin tur räknats fram med hjälp av programmet Pathfinder. För att undersöka om resultaten var rimliga simulerades olika scenarier med varierande parametrar. På så sätt kunde en känslighetsanalys utföras. En diskussion av rimligheten av både antaganden och resultaten fördes och ett antal åtgärder föreslås:

- Brandcellsindelningen ska upprätthållas genom att se över konstruktionen av hissen/hisschaktet.
- Frångängligheten i A-hallen ska förbättras för rörelsehindrade genom att installera en utrymningshiss vid A-hallens östra del.
- Möjligheter till övernattning i C-hallarna ska tas bort helt.
- Utrymningsvägar i boxningslokalen ska hållas fria.
- Det gamla innertaket i A-hallen bör tas bort.

Överlag är personsäkerheten vid utrymning av Boråshallens god. Nivån kan dock höjas ytterligare om föreslagna åtgärder utförs.

Nomenklaturlista

α = tillväxthastighet [kW/s²]

D^* = karakteristisk branddiameter

d_x = cellstorlek

Q^* = dimensionslösa effektutvecklingen (brandfroudetalet)

t = tid [s]

$t_{\text{beslut \& reaktion}}$ = tid det tar att reagera och att fatta beslut [s]

$t_{\text{förflyttning}}$ = förflyttningstiden [s]

t_{krit} = tiden till kritiska förhållanden [s]

t_{varse} = varseblivningstiden [s]

Förkortningar

BBR – Boverkets Byggregler

BBRAD – Boverkets allmänna råd om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd

CAD – Computer-Aided Drafting

CFD – Computational Fluid Dynamics

FDS – Fire Dynamics Simulator

IDA – Indikator, Data och Analys

MSB – Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap

NIST – National Institute of Standards and Technology

SFPE – Society of Fire Protection Engineers

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	Plan 0.....	3
2.2	Plan 1.....	4
2.3	Plan 2.....	4
2.4	Plan 3-4.....	4
2.5	Personkapacitet.....	5
2.6	Ventilation.....	5
3	Befintligt brandskydd	7
3.1	Aktiva system	7
3.2	Övrigt brandskydd	7
4	Utrymningsteori	9
4.1	Utrymningskrav	9
4.2	Utrymningsvägar	9
5	Skyddsmål	11
5.1	Kritiska förhållanden	11
6	Brandscenarier	13
6.1	Val av olika scenarier/grovanalys.....	13
6.2	Riskmatris.....	16
6.3	Val av scenarier	17
7	Datormodeller - metodik	19
7.1	CFD (Computational Fluid Dynamics).....	19
7.2	Pathfinder	19
7.3	PyroSim	19
8	Brandscenario A-hallen	21
8.1	Simuleringsparametrar	21

8.2	Resultat av FDS.....	27
8.3	Resultat av Pathfinder	28
8.4	Sammanvägning av resultat	36
9	Brandscenario B-hallen.....	39
9.1	Simuleringsparametrar B-hallen.....	39
9.2	Resultat av FDS.....	42
9.3	Sammanvägning av resultat	43
10	Brandscenario C-hallarna.....	45
10.1	Simuleringsparametrar	45
10.2	Resultat av FDS.....	47
10.3	Resultat av Pathfinder	48
10.4	Sammanvägning av resultat	48
11	Brandscenario Boxningshallen.....	49
11.1	Simuleringsparametrar	49
11.2	Resultat av FDS.....	49
11.3	Resultat av Pathfinder	49
11.4	Sammanvägning av resultat	51
12	Diskussion och slutsatser av resultat	53
12.1	A-hallen.....	53
12.2	B-hallen.....	54
12.3	C-hallarna	54
12.4	Boxningshallen	55
13	Åtgärdsidéer.....	57
13.1	Brand i A-hallen.....	57
13.2	Brand i B-hallen.....	57
13.3	Brand i C-hallarna.....	58
13.4	Boxningslokalen	58
13.5	Övrigt.....	58
14	Diskussion.....	59
14.1	Brand i A-hallen.....	59
14.2	Brand i B-hallen.....	60
14.3	Brand i C-hallarna.....	61

14.4	Boxningshallen	61
15	Slutsats	63
16	Referenser	65
17	Bilaga A Brandcellsindelning	67
18	Bilaga B Serviceritningar för brandlarm	81
19	Bilaga C Utrymningsskyltning och utrymningsvägar	85
20	Bilaga D Tillsynsprotokoll	89
21	Bilaga E Handberäkningar	97
22	Bilaga F FDS-kod	99
23	Bilaga G Mätdata från FDS vid simulering av A-hallen	103

1 Inledning

I denna rapport utvärderas personsäkerhet och utrymningsmöjligheter för Boråshallen. Byggnaden är Borås äldsta sporthall. Den används huvudsakligen vid utövning av inomhussporter och är hem för ett flertal klubbar, bland annat Borås Basket som ofta fyller arenan.

1.1 Syfte

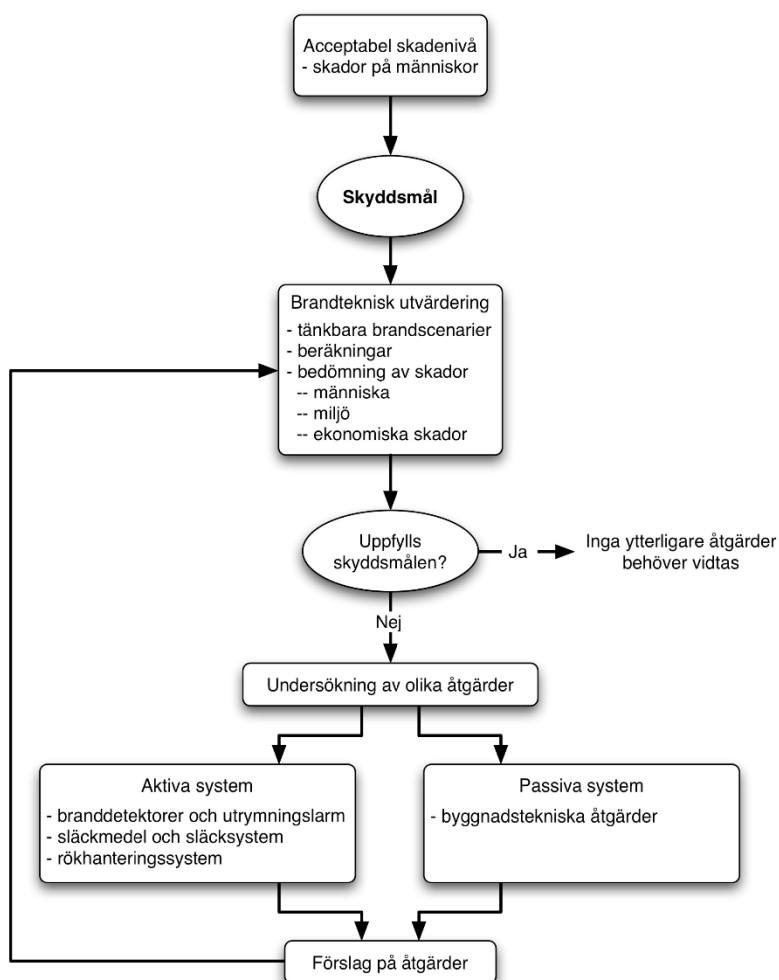
Projektets syfte är att utvärdera hur väl brandskyddet uppfyller skyddsmålen för personsäkerhet vid Boråshallen samt ge förslag på eventuella förbättringar. Studenterna ska använda kunskaper från tidigare kurser och samtidigt få mer kunskap om personsäkerhet.

1.2 Mål

Målet med projektet är att utvärdera utrymnings säkerheten vid Boråshallen. Lämpliga åtgärder ska föreslås vid behov.

1.3 Metod

Arbetsprocessen har följt flödesschema enligt figur 1.



Figur 1. Arbetsgång för arbetet (Aktiva system – "projektuppgift - info till studenter" Lund 15-10-26, Luvit).

Under projektets tidiga skede studerades flygbilder över objektet och planritningar för att få en inledande uppfattning om objektet. Därefter besöktes Boråshallen där relevant information samlades in och de befintliga brandskyddssystemen, såsom brandlarmsystem och utrymningslarm, kontrollerades. Besöket gjordes tillsammans med Johan Svensson, vaktmästare på Boråshallen, Peder Liljeroth och Pontus Studahl, brandingenjörer vid SÄRF, Borås och Daniel Nilsson, handledare från Lunds Tekniska Högskola. Detta följdes av diskussion under vilken ett antal skyddsmål och brandscenarier för anläggningen bestämdes, och för att kontrollera om skyddsmålen uppfylls studerades ett antal brandscenarier. Utifrån detta utvärderades Boråshallen med hänsyn till utrymning genom grovanalys, sannolikhets- och konsekvensbedömningar, simulationer som sedan mynnade ut i diskussioner och utvärderingar av resultaten. Därefter gavs förslag på eventuella åtgärder som behöver vidtas för att klara skyddsmålen.

1.4 Avgränsningar

Denna rapport tar endast hänsyn till hur en brand i Boråshallen skulle kunna åsamka skador på människor. Ekonomiska skador samt skador på miljö tas inte i beaktande. Vid utrymningsskedet antas att byggnadens konstruktion inte kommer att påverkas och försvåra utrymningen.

En grovanalys genomförs i rapporten där endast de värsta troliga fallen undersöks vidare. Flera möjliga, dock ej allvarliga, scenarier undersöks inte vidare i denna rapport.

1.5 Skyddsmål

Denna rapport betonar primärt personsäkerhet i samband med brand. Skyddsmålet sätts till att alla personer i byggnaden ska kunna utrymma innan kritiska förhållanden uppstår vid brand.

2 Objektsbeskrivning

Objektet som studeras är Boråshallen som är belägen på Bockasjögatan 2, 504 30 Borås.

Boråshallen är ett multisportcenter i Borås som invigdes 1957. Byggnaden ägs och förvaltas av Fritids- och folkhälsoförvaltningen, Borås stad.

I Boråshallen bedrivs flera olika sporter i lokaler av varierande storlek. Dessa lokaler utnyttjas främst av gymnasieskolan under dagtid och idrottsföreningar under kvällstid. Förutom idrottsliga tillställningar förekommer även andra evenemang som konserter, mässor samt utställningar. Översiktsbilder av byggnaden visas i figur 2.



Figur 2. Översiktsbilder över Boråshallen (www.maps.google.com).

Planlösningar över varje enskilt plan finns i bilaga A. Plan 5 och 6 redovisas inte vidare då de inte innehåller några intressanta utrymmen för personsäkerhet.

2.1 Plan 0

En minigolfbana är belägen i mitten av byggnaden. Ingången till lokalen är via byggnadens västra sida. Minigolfbanan angränsar till en skjutbana på dess norra sida och ett garage på dess södra. Utöver minigolfbanor finns det en servering i lokalen.

En bowlinghall är belägen i norra delen av byggnaden. Hallen har en egen ingång vid byggnadens nordvästra sida. De närliggande utrymmena till bowlinghallen utgörs av en maskinhall, omklädningsrum samt en servering med utskänkingsrättigheter.

En skyttebana är placerad norr om minigolfen och de båda lokalerna delar ingång. Hallen har ett flertal skjutbanor samt ett kök. Det angränsar till minigolfen på södra sidan, bowlinghallen på norra sidan samt en verkstad vilken är placerad på skjutbanans östra sida.

Garaget är beläget i byggnadens södra del. Garageporten är placerad vid byggnadens västra del. Lokalen kan även nås via trappor/hiss i västra delen, alternativt via pannrummet i byggnadens östra del. Garaget används även som förråd och hyser material som färg, plaster, papper med mera.

Pannrummet ligger i byggnadens östra del. Lokalen nås via garaget alternativt trappor ovanifrån. Pannrummet används även i viss mån som verkstad.

En hiss finns placerad i byggnadens sydvästra del och går från plan 0 till plan 3. Hissens schakt är enligt ritningarna inte en egen brandcell men går däremot igenom flera stycken brandceller. Hissen går genom följande lokaler på de olika våningsplanen: ett utrymme bredvid garaget i plan 0, foajén i plan 1, ett utrymme bredvid C-hall 2 på plan 2 och slutligen till B-hallen på plan 3.

2.2 Plan 1

Foajén är belägen i södra delen av byggnaden och knyter samman en rotunda, museum och A-hallen. I foajén finns biljettluckor, informationsdisk samt ett café.

Rotundan är placerad i östra delen av byggnaden. Denna lokal kan användas som matsal alternativt till dansträning.

Museet är beläget i byggnadens västra del. Museet har en egen entréhall placerad i foajén. I museet finns priser, utmärkelser, tidningsdokumentation och minnessaker från höjdpunkter i Borås idrottshistoria. Förutom ingången finns en nödutgång i museets norra del.

Den största lokalen, A-hallen, är 900 m² stor. A-hallen har läktare på alla fyra sidor där mittsektionen på norra kortsidan är inskjutbar. Läktarna går upp till plan 2 där läktargången är belägen. Läktargången går längs östra, norra och södra sidan. I anslutning till hallen finns förråd samt omklädningsrum. I A-hallen hålls större event som Borås Baskets hemmamatcher, större cheerleadingtävlingar, mässor, högskoleprovet och konserter som alla drar en ansevärd mängd folk. Det sker även tillfällig övernattnings i A-hallen. Maximalt tillåtet personantal i A-hallen vid fullsatt arena och vid övernattnings redovisas i tabell 1.

I norra delen av byggnaden ligger en boxningshall, en brottningshall samt ett gym. Gymmet ligger i mitten längst norrut och angränsar till brottningshallen på dess västra sida och boxningshallen på dess östra. I dessa lokaler ansvarar respektive idrottsklubb för verksamheten.

I norra delen finns även det utrymme där mittsektionen av A-hallens läktare kan dras in för att ge plats för en eventuell scen.

2.3 Plan 2

C-hallarna är belägna i södra delen av byggnaden och består av 3 hallar: C1, C2 och C3. De är totalt ca 400 m². I anslutning till hallarna finns omklädningsrum och förråd. I C-hallarna utövas främst kampsport, cheerleading och gymnastik (Utbildningsplan 2007). C-hallarna används i nuläget även till övernattnings om det behövs vid större ungdomsevenemang. Maximalt personantal för C-hallarna redovisas i tabell 1.

2.4 Plan 3-4

B-hallen är belägen i södra delen av byggnaden på plan 3 och är 600 kvm stor. Hallen har en läktare i dess västra del på plan 4. I anslutning till hallen finns förråd samt omklädningsrum. Även klubbtrum finns, vilka är placerade i anslutning till B-hallens östra ände på plan 4. I B-hallen utövas främst badminton och bordtennis (Utbildningsplan 2007). B-hallen används i största utsträckning till skolidrott men även liksom C-hallarna som övernattningsal vid större ungdomsevenemang. Maximalt personantal för B-hallen redovisas i tabell 1.

2.5 Personkapacitet

I tabell 1 redovisas de aktuella gränserna för hur många personer som är tillåtna att vistas i respektive lokal under ordinarie förhållanden. A-, B- och C-hallarna är de hallar där övernattning får ske under större evenemang och maximalt antal sovande redovisas också i tabell 1.

Tabell 1. Maximalt tillåtet personantal i olika lokaler i Boråshallen (Personantalsbedömning, 2015-02-13)
*(enligt Lars Erik Isaksson, servicekontoret).

Lokal	Normal verksamhet (kapacitet)	Övernattning (kapacitet)
Foajé	150 (vid bord)	-
Rotundan	150 (vid bord)/300 (kopplade stolar)	-
A-hallen	2900	80 läktargång/X ¹ golv
B-hallen	150	60
C-hallar	150	30 per hall och 4 per omklädningsrum
Boxning*	150	-
Brottning*	40	-

2.6 Ventilation

Ventilationssystemet i Boråshallen är ett till- och frånluftssystem. Dokumentationen är bristfällig då företaget som står signerat på ritningarna inte längre är aktivt. Vid händelse av brand antas det att ventilationen stängs av för att förhindra brandgasspridning. Detta antagande görs för alla system då den tillgängliga dokumentationen styrker detta för alla utrymmen utom A-hallen. Det är också ett konservativt antagande då ventilering av brandgaser begränsas och brandgaser fyller upp lokalen snabbare. A-hallens ventilationssystem är inte sammankopplat med de andra utrymmenas ventilationssystem. Därför föreligger det ingen risk för brandgasspridning till andra utrymmen. De två väggplacerade brandgasluckorna som finns i A-hallen dimensionerades för en mindre brand i elmotorer. De kommer i vilket fall att öppnas vid brand, men har inte kapacitet nog att ventilerar bort all rök från en storskalig brand i A-hallen.

¹ Golvet i A-hallen har möjlighet till sovplatser, dessa bestäms efter en ny värdering av räddningstjänsten (enligt tillsynsprotokoll D.nr. 2013-000815 från 2013-03-20).

3 Befintligt brandskydd

I detta kapitel behandlas det befintliga brandskyddet. Information är hämtad från platsbesöket samt är tagen från Utbildningsplan (2007).

3.1 Aktiva system

Nedan beskrivs byggnadens aktiva system.

3.1.1 Brandlarmsystem

Byggnaden är utrustad med ett brandlarmsystem som täcker hela anläggningen och är vidarekopplat till räddningstjänsten utan larmlagring. Centralapparaten är placerad vid ingången till byggnaden i anslutning till foajén, väl synlig och lättillgänglig.

3.1.2 Detektionssystem

Detektionssystemet består av rökdetektorer som främst återfinns i större utrymmen (foajén och hallarna) och av värmedetektorer som återfinns i mindre utrymmen (förråd, klubbrum och omklädningsrum). Figurer över detektorernas placering finns i Bilaga B.

3.1.3 Utrymningslarm

Utrymningslarmet består av akustiska larmdon utan talat meddelande och optiska larmdon (blixtljus) placerade enligt figurer i Bilaga B.

3.1.4 CO₂-släcksystem

Ett CO₂-släcksystem är placerat över fritösen i köksdelen av bowlinghallen.

3.2 Övrigt brandskydd

Nedan beskrivs byggnadens övriga brandskydd.

3.2.1 Brandcellsindelning och manuell släckutrustning

Boråshallen har 1 pulversläckare, 2 kolsyresläckare och 34 brandposter. Dessa kontrolleras 3 ggr/år av en brandskyddskontrollant (Utbildningsplan 2007).

Brandcellernas placering samt placering av handbrandsläckare och brandposter presenteras i Bilaga A.

Observera att brandcellsindelning från originaldokumentation inte bekräftas i sin helhet av tillsynsprotokollen. Rapporten kommer att baseras på originaldokumentationen och kompletteras med tillsynsprotokollen och egna observationer.

3.2.2 Systematiskt brandskyddsarbete

Boråshallen har en utbildningsplan som beskriver för de anställda hur de ska reagera vid eventuell brand eller larm. I händelse av brand ska personer i brandrummet räddas och branden släckas om detta kan ske utan risk. Då akut arbetsinsats avslutats ska samtliga i personalen informeras om larmorsaken.

All personal ska även genomgå en grundläggande utbildning i brandskydd på 4 timmar som ska uppföljas en gång per år. De punkter som ska täckas enligt Utbildningsplanen (Utbildningsplan 2007) är:

- Verksamhetens eller organisationens brandskyddspolicy
- Brandrisker inom byggnaden och verksamheten
- Byggnadstekniskt brandskydd
- Tillfredsställande utrymning
- Skydd mot brand- och brandgasspridning
- Anordningar för brandsläckning
- Övning med förekommande brandsläckningsutrustning

Brandförebyggande rutiner innefattar rökning, levande ljus, elektriska fel och heta arbeten (arbeten där gnistor eller öppen låga förekommer, till exempel slipning eller svetsning). Rökning är endast tillåten på angiven plats. Levande ljus får endast användas under uppsikt och om dekorationer och ljusstakar är obrännbara. Blinkande lysrör ska bytas ut omgående. Vidare får torktumlare, diskmaskin och tvättmaskin användas nattetid endast om de är under uppsikt. Heta arbeten får endast utföras av personal med ett giltigt tillstånd som förnyas vart 5:e år. Arbetsledare eller brandskyddsansvarig ska på ett godkänt sätt dokumentera att det heta arbetet ska genomföras.

Boråshallen ser över sin utrustning ett flertal gånger per år, detta sker till största del av brandkontrollanter och anläggningsskötare. Undantag är handbrandsläckare och inomhusbrandposter som kontrolleras av behörig kontrollant samt det automatiska brandlarmet som kontrolleras av Siemens.

4 Utrymningsteori

I detta kapitel beskrivs allmän utrymningsteori samt Boråshallens utrymningsvägar.

4.1 Utrymningskrav

Boverket har flera allmänna råd och regler över vad som ger ett acceptabelt brandskydd. I denna del presenteras de regler som kan appliceras på Boråshallen. Dessa finns att läsa i BBR 22, 2015.

Enligt Boverket (5:321 BBR 22, 2015) så ska utrymmen där personer vistas mer än tillfälligt ha minst två av varandra oberoende utrymningsvägar. Om lokalen också har flera våningsplan så måste det finnas minst en utrymningsväg från varje plan. Avståndet till närmsta utrymningsväg ska vara max 30 m enligt 5.3.1 i BBR, detta då det är hög persontäthet i Boråshallen.

BBR 5:334 säger att utrymningsvägar som betjänar mer än 150 personer bör ha en fri bredd på 1.2 m. Samma avsnitt säger att lokaler över 1000 personer bör ha minst 4 utrymningsvägar.

Enligt BBR 5:335 ska dörrar som är utrymningsvägar öppnas utåtgående och vara lätt identifierbara som utvägar. Dessa dörrar bör placeras så att de i öppet läge inte hindrar utrymning av andra personer. Vidare så bör dörrar kunna öppnas även om man inte har någon tidigare kunskap om hur just den dörren öppnas. Det vertikala trycket som krävs för att öppna dörren bör vara mindre än 70 N och det horisontella bör understiga 150 N. Används ett vred för att låsa upp dörren får maximalt 50 personer vistas i lokalen.

4.2 Utrymningsvägar

Lokalerna i Boråshallen uppfyller 5:321 och 5:331 i BBR (BBR 22, 2015) och har samtliga minst två av varandra oberoende utrymningsvägar. Undantaget är klubbbrummet på 5:e våningen i södra delen av byggnaden som bara har en utrymningsväg till trapphuset.

Utrymningsskyltarna i Boråshallen är nästan uteslutande genomlysta. Skyltningen för nödutgångar samt nödbelysning framgår av Bilaga C.

5 Skyddsmål

Syftet med rapporten är att skydda människoliv. Därför blir det valda skyddsmålet att människor i byggnaden ska kunna utrymma på ett säkert sätt. Vad detta innebär förklaras nedan.

5.1 Kritiska förhållanden

I händelse av brand ska utrymning kunna ske innan kritiska förhållanden uppstår i lokalen och försvårar utrymningen alternativt resulterar i personskador eller dödsfall. De kritiska förhållandena definieras i BBR 5.31 som:

”nedfallande byggnadsdelar, hög temperatur, hög värmestrålning, giftiga brandgaser eller dålig sikt som hindrar utrymning till en säker plats”.

Med utgångspunkt från textlydelsen i BBR har Boverket definierat ett antal kriterier i BBRAD 3. Dessa används som grund i bedömningen av utrymningssäkerheten för Boråshallen då de är enkla att undersöka. I händelse av att kriterier inte uppnås kommer analytisk dimensionering tillämpas för att fastställa att en hög säkerhetsnivå uppfylls.

Undantagna är kriterier som mekaniskt har att göra med själva byggnadskonstruktionen då byggnaden anses stå emot brand i minst 60 minuter.

Vad som är gränser för kritiska förhållanden enligt Boverket kan avläsas i tabell 2.

Tabell 2. visar olika kriterier för kritiska förhållanden (BBR 22, 2015).

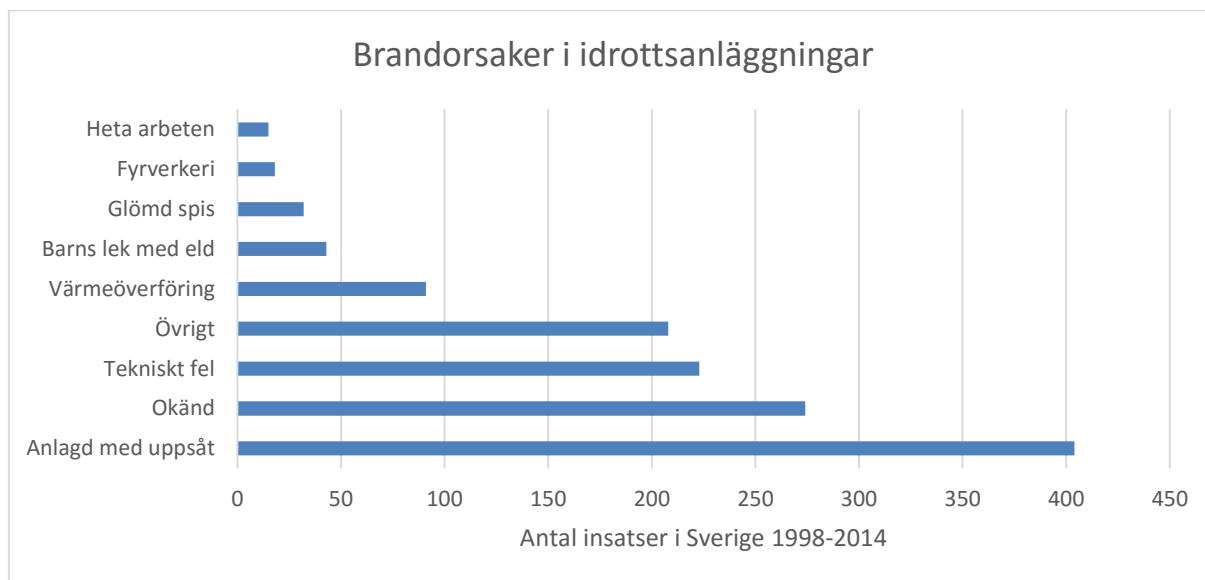
Kriterium	Nivå
1. Brandgaslagrets nivå ovan golv	lägst $1,6 + (\text{rumshöjden (m)} \times 0,1)$
2. Siktbarhet, 2,0 ovan golv	10,0 m i utrymmen $> 100 \text{ m}^2$
	5,0 m i utrymmen $\leq 100 \text{ m}^2$. Kriteriet kan även tillämpas för situationer där köbildning inträffar i ett tidigt skede vid den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

Enligt Boverkets anvisningar ska punkt 1 eller 2 samt kriterierna 3, 4 och 5 vara uppfyllda för att bedöma utrymning som säker. De angivna värdena jämförs därför med resultat av simuleringar och eventuella beräkningar. Om den erforderliga tiden för utrymning är längre än tid tills tidpunkten då kritiska förhållanden inträffar genomförs en analytisk bedömning och lämpliga åtgärder föreslås i förekommande fall.

6 Brandscenarier

Då ritningar studerats och platsbesöket genomförts togs ett flertal potentiella brandscenarier fram. Dessa brandscenarier sållades sedan med hjälp av en riskmatris, se figur 4, till ett antal scenarier som ansågs mest relevanta togs fram.

I figur 3 presenteras statistik över olika brandorsaker i idrottsanläggningar (MSB, IDA) vilket tas i beaktande vid bedömning av sannolikhet av scenarierna.



Figur 3. Orsaker till brand i idrottsanläggningar.

6.1 Val av olika scenarier/grovanalys

Här presenteras olika scenarier med potentiella bränder. För att erhålla ett brett spann med många olika scenarier har studenterna inledningsvis använt metoden "brainstorming". När de mest orimliga fallen från "brainstormingen" sållats bort summerades resterande del i detta kapitel. De fall som sållats bort var bland annat brand i dolt utrymme under läktaren. Den bedömdes resultera i begränsad brandspridning, rökutveckling och minimal påverkan på utrymningsmöjligheter från A-hallen. Dessutom täcks ett sådant scenario av de andra, grövre bränderna. Här finns en förklaring och diskussion av varje enskilt scenario som leder fram till en sannolikhet- och konsekvensbedömning som slutligen presenteras i en riskmatris i figur 4.

6.1.1 Brand i A-hallen

En brand utbryter och blockerar de norra utgångarna. Brand uppstår vid en uppställd scen i norra delen p.g.a. elfel, pyroteknik alternativt anlagd med uppsåt. Detta anses som det allvarligaste fallet då upp till 2900 personer kan befinna sig i lokalen och då de norra utrymningsvägarna blockerats kommer utrymningstiden förlängas avsevärt. Fallet ses även som sannolikt relativt de andra scenarierna då det finns ett flertal möjliga brandorsaker.

Sannolikhet: 4

Konsekvens: 5

6.1.2 Brand i B-hallen vid tillfällig övernattnig

Ett flertal fall kan leda till brandgasspridning i B-hallen. Till exempel kan anlagd brand i bråte i korridoren belägen öster om hallen göra att rök sprider sig genom den otäta branddörren in till hallen. Brand i läktaren till följd av elfel leder till att hallen rökfylls alternativt så rökfylls hallen genom brand i förvaringsutrymmet för pingisbord. Detta leder till att den ena av utrymningsvägarna blockeras. Konsekvenserna anses vara höga då personerna i lokalen sover vilket leder till en förlängd utrymningstid. Fallet anses relativt sannolikt då anlagd brand med uppsåt eller tekniskt fel är vanliga brandorsaker i idrottsanläggningar.

Sannolikhet: 3

Konsekvens: 4

6.1.3 Brand i C-hallarna vid tillfällig övernattnig

Under evenemang används C-hallarna som övernattningslokal. Anlagd brand alternativt medhavd elektronisk utrustning fallerar och antänder en del av det brännbara material som finns i hallarna, exempelvis: frigolitskivor som täcker speglar, mattor, madrasser och övrig medhavd packning. Nödutgångarna i C-hallarna är endast 77 cm breda vilket skulle leda till försvårad utrymning från C-hallarna. Konsekvenserna anses vara höga då personerna i lokalen sover vilket leder till en förlängd utrymningstid. Sannolikheten anses vara densamma som för scenariot i B-hallen.

Sannolikhet: 3

Konsekvens: 4

6.1.4 Brand under en match i boxningslokalen

Vid boxningsmatch med stor publik (150 personer) uppstår brand p.g.a. kaffekokare eller ett gammalt kylskåp som överhettas genom tekniskt fel och fattar eld. Även anlagd brand med uppsåt kan vara en trolig riskfaktor. Konsekvensen anses vara hög då den ena utrymningsvägen delvis blockeras av några bildäck (se figur 41 på sidan 58), vilket minskar den tillgängliga dörrbredden och därmed försvårar utrymningen. Sannolikheten för scenariot anses vara medelstor då det inte är helt ovanligt att det sker tekniska fel och anläggning av bränder.

Sannolikhet: 3

Konsekvens: 4

6.1.5 Brand i garaget

Brand i garaget orsakas av självantändning av spånskivor, målarfärg/lösningsmedel etc. Det antas att endast behörig personal har tillgång till lokalen. Personalen har god kännedom om förvaring av brandfarliga ämnen, därför anses sannolikheten för självantändning vara låg. Sannolikheten för anlagd brand finns men är liten då garageporten brukar hållas stängd. Det finns mycket brännbart material i lokalen. Effektutvecklingen skulle kunna bli stor men garaget utgör en egen brandcell och endast ett fåtal har tillgång till utrymmet. Då det inte är en uppehållsplats för människor anses konsekvensen för personsäkerheten vara förhållandevis liten. Brandgasspridning via hisschaktet beaktas ej i konsekvensbedömningen då detta ska åtgärdas ändå.

Sannolikhet: 2

Konsekvens: 2

6.1.6 Pannrummet

Ett flertal gasolflaskor finns placerade i pannrummet, någon av dessa antänds till följd av yttre påverkan. Denna typ av olycka anses osannolik. Utrymnet är svårtillgängligt för utomstående vilket gör anlagd brand som brandorsak osannolikt. Effektutvecklingen skulle kunna bli stor men pannhallen utgör en egen brandcell och endast ett fåtal har tillgång till utrymnet. Då det inte är en uppehållsplats för människor anses konsekvensen för personsäkerheten vara förhållandevis liten.

Sannolikhet: 1

Konsekvens: 2

6.1.7 Fritösen antänds i köket i Bowlingcaféet

Fritösen i Bowlingcaféet antänds och försvårar utrymningen då caféet är placerat nära båda utgångarna. Då brand skulle kunna blockera båda utgångarna anses konsekvensen hög, att branden utvecklas fullt anses dock inte sannolikt eftersom ett CO₂-släcksystem finns installerat ovanför fritösen.

Sannolikhet: 2

Konsekvens: 4

6.1.8 Fritösen i köket/kiosken i foajén

Samma brandorsak som fallet ovan, dock så finns ingen släckanordning installerad i kiosken i foajén. Detta leder till att sannolikheten för brand blir högre däremot så är konsekvenserna lägre då flera utrymningsvägar finns tillgängliga i anslutning till kiosken.

Sannolikhet: 3

Konsekvens: 2

6.1.9 Idrottsmuseet

Under besökstid anlägger en besökare en brand i museet. Detta scenario anses inte sannolikt eftersom lokalen är bemannad och branden skulle troligen uppmärksammas i ett tidigt skede. Det förefaller vara lätt att utrymma med hänsyn till antalet personer som får plats i lokalen vilket leder till att konsekvensen bedöms vara liten.

Sannolikhet: 2

Konsekvens: 2

6.1.10 Minigolf

Anlagd brand i garderoben leder till att ena utgången blockeras. Liten spridningsrisk till övriga delar av lokalen då det inte finns så mycket brännbart material och väggarna består av betong. Scenariot bedöms dock som ganska sannolikt då många människor vistas i lokalen. Besökarna är huvudsakligen barnfamiljer och pensionärer som kan ha svårt att förflytta sig snabbt. Konsekvenser av en brand kan därför bli allvarliga.

Sannolikhet: 3

Konsekvens: 3

6.1.11 Skytte

Elfel i köket leder till brand. De som vistas i lokalen förmodas ha hörselskydd som kan försämra utrymningstiden då larm inte uppmärksammas i god tid. Detta föranleder förhöjd konsekvens men sannolikheten för brand är inte särskilt hög.

Sannolikhet: 2

Konsekvens: 3

6.1.12 Brottning/sjukgymnastik/styrketräning

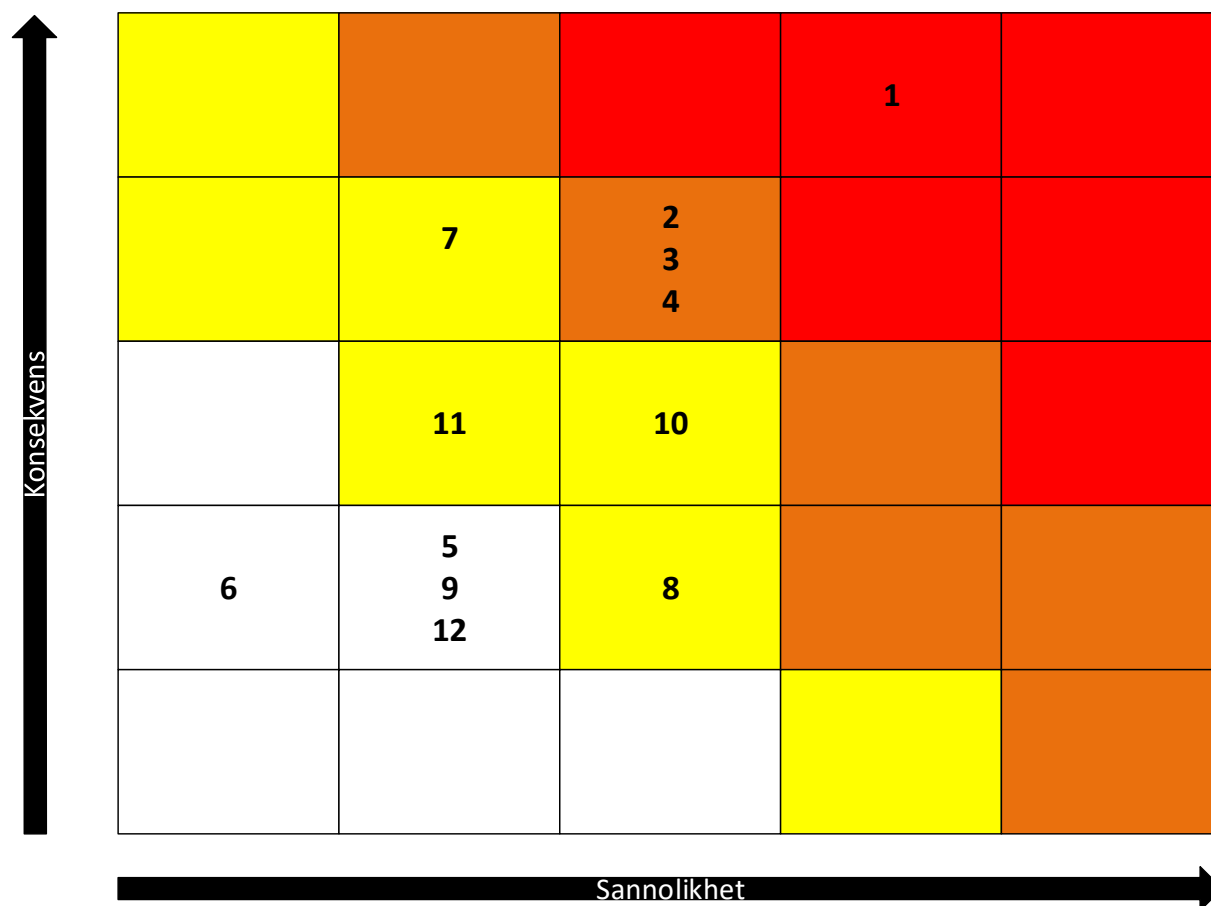
Anlagd brand i en madrass i brottningshallen. Anses inte speciellt sannolikt då lokalen är liten och andra personer i den troligen har uppsikt över lokalen. Utrymningsvägen via fönstret är en något ovanlig åtgärd där man måste dra ut en stege för att utrymning ska vara möjlig. Detta kan försvåra utrymningen och höjer därmed konsekvensen. Sannolikheten för en anlagd brand i de lokalerna anses dock vara relativt låg.

Sannolikhet: 2

Konsekvens: 2

6.2 Riskmatris

Nedan i figur 4 presenteras en riskmatris där samtliga scenarion rangordnas relativt varandra beroende på sannolikhet och konsekvens.



Figur 4. Riskmatris med sannolikhet på x-axeln och konsekvens på y-axeln.

Siffrorna 1-12 i matrisen motsvarar brandscenarierna beskrivna tidigare i kapitel 6.1, där talet 1 i matrisen motsvarar scenario 6.1.1 beskrivet i kapitlet och de andra scenarierna motsvaras av tal på samma vis.

6.3 Val av scenarier

De valda scenarierna enligt riskmatrisen blir således: brand i A-hallen (scenario 1), brand i B-hallen vid övernattning (scenario 2), brand i C-hallarna vid övernattning (scenario 3) samt brand i boxningshallen (scenario 4). Dessa scenarier valdes då de var de värsta av de troliga scenarierna, det vill säga hade högst sannolikhet och störst konsekvens beroende på antalet berörda personer.

7 Datormodeller - metodik

För att kunna få uppfattning om brandförloppet används programmet FDS (Fire Dynamics Simulator). Utrymning simuleras i programmet Pathfinder. Geometrier för simuleringarna togs fram med hjälp av programmet PyroSim.

7.1 CFD (Computational Fluid Dynamics)

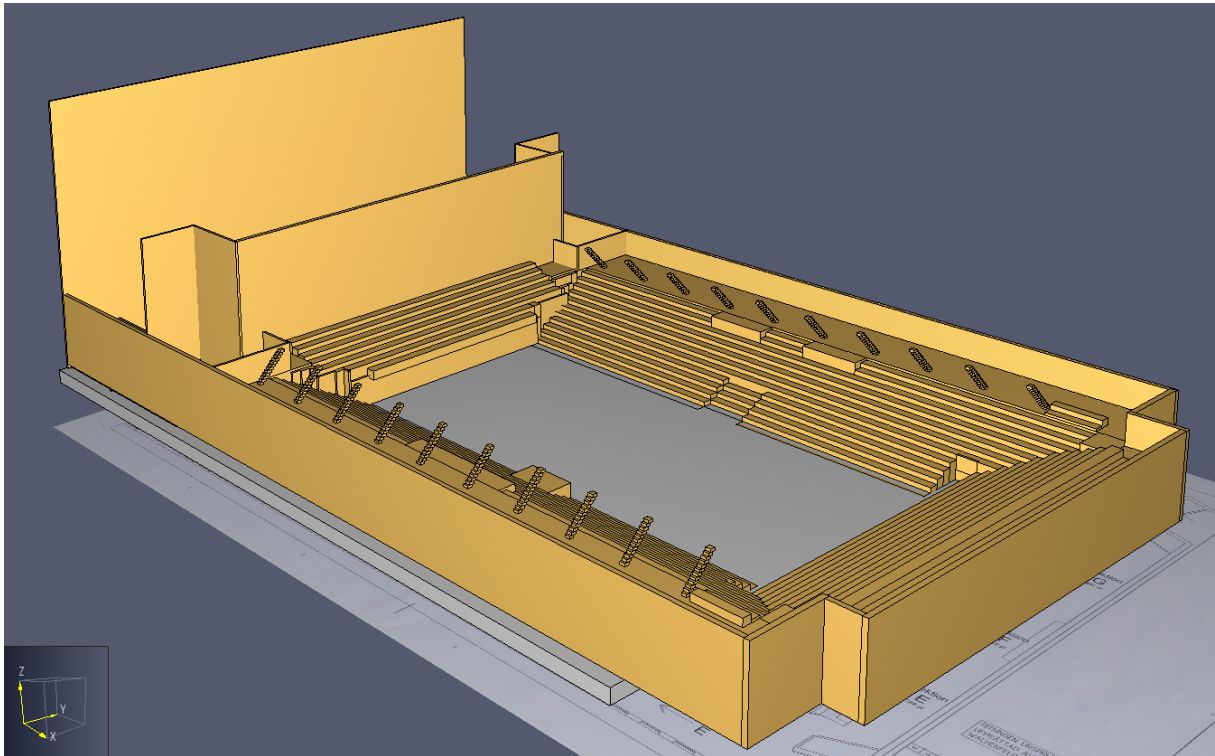
Simulering av brandförlopp kan göras med hjälp av speciellt framtagna datorprogram för flödessimulering, CFD-program. Ett sådant program är FDS. Det utvecklades i samarbete mellan statliga NIST (National Institute of Standards and Technology) i USA och VTT Technical Research Centre i Finland. Version 6.1.2 av FDS användes vid simuleringarna. Programmet är fritt att använda och att ändra i om man så önskar. Det löser (egentligen bara reducerar) de s.k. Navier-Stokes-ekvationerna för ett antal celler i modellen. Dessa är sammanbundna med varandra. Ju mindre celler desto högre noggrannhet blir det i beräkningarna. Ökning av noggrannheten medför att tid för att köra programmet måste ökas. Tidsåtgången för beräkningar är proportionell mot kubiken på upplösningen (cellstorleken) och halvering av tidsstegen. Detta innebär att för dubbelt så bra simuleringsnoggrannhet behövs minst sexton gånger så mycket beräkningstid. En vedertagen metod är att räkna på "karaktäristisk branddiameter" (FDS Manual, 2013) och undersöka kvoten mellan den och cellstorleken. Värdena bör ligga mellan 4 och 16 för en god simuleringsnoggrannhet (FDS User's Guide, 6:e upplagan). Cellerna är alltid rektangulära (en av programmets begränsningar). Därför måste vissa geometriska figurer som till exempel cirklar och ellipser approximeras med ett antal speciellt ordnade rektanglar i olika storlekar. Det måste poängteras att resultat alltid bara är mer eller mindre grova approximationer av ett verkligt förlopp!

7.2 Pathfinder

Pathfinder är ett kommersiellt program från företaget Thunderhead Engineering. Det är ett så kallat agentbaserat program. Varje agent motsvarar en person och kan förses med vissa egenskaper. Version 2015.2.1012 användes vid simuleringarna. Speciellt anpassade inställningar var bland annat gånghastighet, axelbredd och förberedelsetid. Vissa agenter har under simuleringarna fastnat på ett ställe alternativt valt en orimlig rutt eller har krockat med andra agenter. Dessa agenter har inte tagits någon hänsyn till utan det antas att de personer som dessa motsvarar hade reagerat som den stora massan vid ett verkligt scenario.

7.3 PyroSim

PyroSim är ett grafiskt gränssnitt till FDS. Företaget bakom programmet är Thunderhead Engineering. Det är möjligt att bygga upp geometrier från grunden eller genom att importera t.ex. AutoCAD eller Google SketchUp-filer. Version 2014.4.1208 av programmet användes för att skapa indatafiler till FDS. Då PyroSim har en hel del förinställda värden på inbyggda funktioner kan det bli fel ibland. Filerna kontrollerades därför i en vanlig ordbehandlare och användes som underlag till simuleringar i både FDS och Pathfinder (efter vissa tillägg). Exempel nedan i figur 5 föreställer A-hallen med delvis osynliggjord fasad och tak.



Figur 5. A-hallen PyroSim.

8 Brandscenario A-hallen

Flera tänkbara bränder kan bryta ut i huvudhallen. Ett fall är en scenbrand i samband med en konsert. Orsaken kan vara elfel eller anlagd brand. Det kan då bli ett fullt utvecklat brandförlopp om branden negligeras i ett tidigt skede. Förväxling med pyrotekniska effekter och maskering av diskorök kan vara en bidragande möjlig orsak till att branden tillåts växa en längre tid. Ett annat fall är brand i undertaket runt om läktaren på plan 2. Den skulle då troligen blockera de övre utrymningsvägarna. Då denna brand troligtvis börjar som glödbland och upptäckten dröjer anses den designmässigt täckas av scenbranden när det gäller utrymning. Observera att även om Boråshallen uttryckligen inte kommer att användas som konsertlokal i framtiden kan själva branden anses vara väl tilltagen i jämförelse med de kvarvarande aktiviteterna och passar bra som dimensionerande brand. En tredje brand simulerades i en kiosk på läktargången, för att se hur utrymningen skulle ske under matchförhållanden med otillgängliga utrymningsvägar på A-hallens norra kortsida.

8.1 Simuleringsparametrar

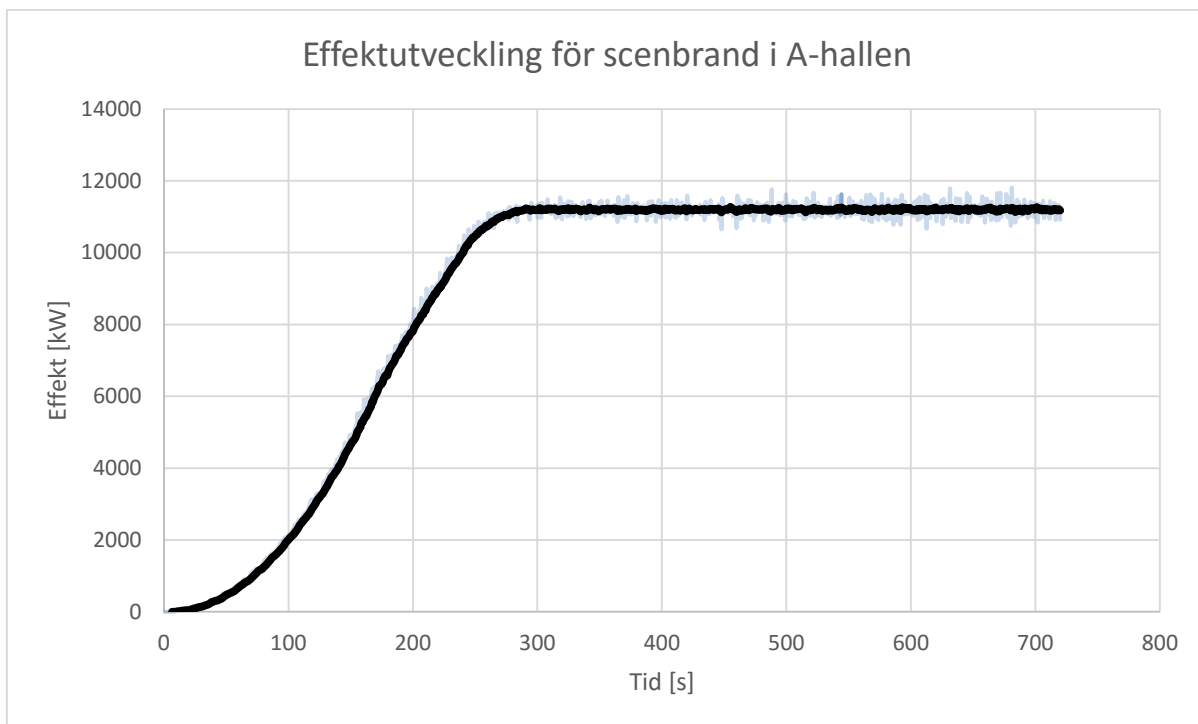
Nedan redovisas de ingående parametrar som ligger till grund för simuleringar i FDS och Pathfinder.

8.1.1 Designbränder

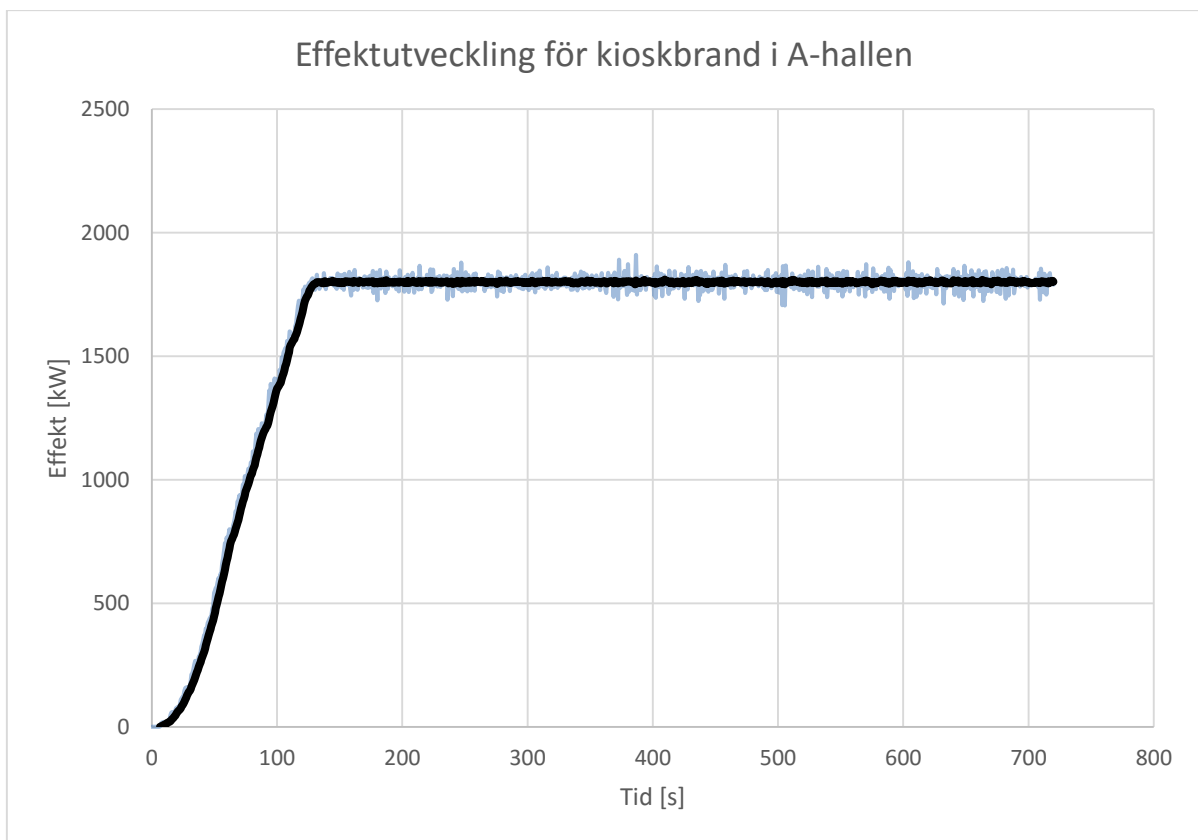
Scenen kan approximeras med en rektangulär area 20 x 6 m. Höjden anses vara 2 m. Då det oftast är multimediala föreställningar idag finns det även en stor projektorduk på scenen. Annat brännbart är högtalare, som består av MDF och plast, förstärkare och annan scenrekvisita. Istället för att räkna specifikt på enskilda föremål kan schablonmässigt 500 och 250 kW/m² användas (Albrecht, 2014). 10 % av scenutrymmet antas vara ockuperat av utrustning (okulärbesiktning konsert 2009) och antas konservativt bidra med 500 kW/m² (Albrecht, 2014). Det bidrar med ca 6 MW effektutveckling. Resten av scenen bidrar med 50 kW/m² (vanliga bräddor som golv – ytskiktet anses vara tunt och bara bidra till en snabb antändning). Detta ger ytterligare 5,4 MW. Branden kommer då att totalt utveckla 11,4 MW med en genomsnittlig brandbelastning av 250 kW/m² och en area på 45,6 m². Brandtillväxten antogs till en alpha-t²-kurva med tillväxthastigheten 0,1876 kW/s² (ultra fast) då det är troligt att scenrekvisita av plast antänds väldigt snabbt. Att branden växer väldigt snabbt är ett konservativt antagande då det är svårt att förutse en exakt tillväxthastighet för en brand av denna typ.

För att testa ett scenario där branden startar på läktargången istället för på scenen så antogs en kioskbrand på läktargången. Effektutvecklingen antogs även här till ultra-fast då mycket plast i form av godis- och chipspåsar i kombination med bord och stolar i stort kan approximeras liknande scenrekvisita. Brandbelastning per kvadratmeter antogs som liknande den vid scenbranden 250kW/m². Kiosken antogs ha en area på 7,2 m². Effekten för en kiosk med måtten 1,8 x 4 meter, vilket ansågs som rimlig storlek utefter läktargångens dimensioner då personer måste kunna gå på läktaren samtidigt som kiosken står där, blev således 1,8 MW.

Effektutvecklingarna för de båda bränderna går att se i figur 6 och figur 7 nedan där den ljusblå kurvan visar data från simuleringen medan den svarta kurvan är en trendlinje över resultaten.



Figur 6. Effektutveckling för scenbrand i A-hallen sett över tid.

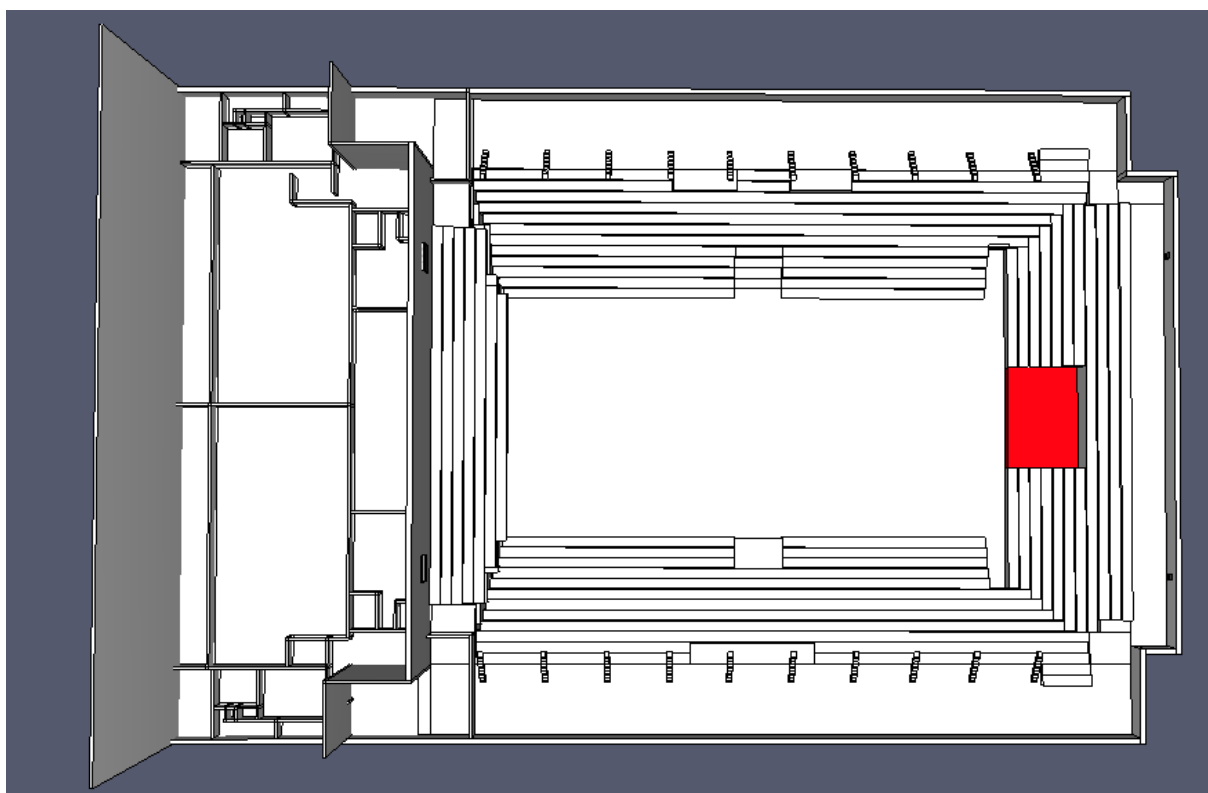


Figur 7. Effektutveckling för kioskbrand i A-hallen sett över tid.

8.1.2 FDS

I fallet med scenbranden ansattes 6 olika meshar. Meshen närmast branden hade en cellstorlek av 20 cm och resterande hade 40 cm stora celler för att få både effektiv och god simulering. Mesherna resulterade i totalt 601 519 celler, cellgränserna redovisas i Bilaga F. Den karakteristiska branddiametern dividerat med cellstorleken nära branden blev 12,7 vilket ger en god upplösning enligt FDS user guide.

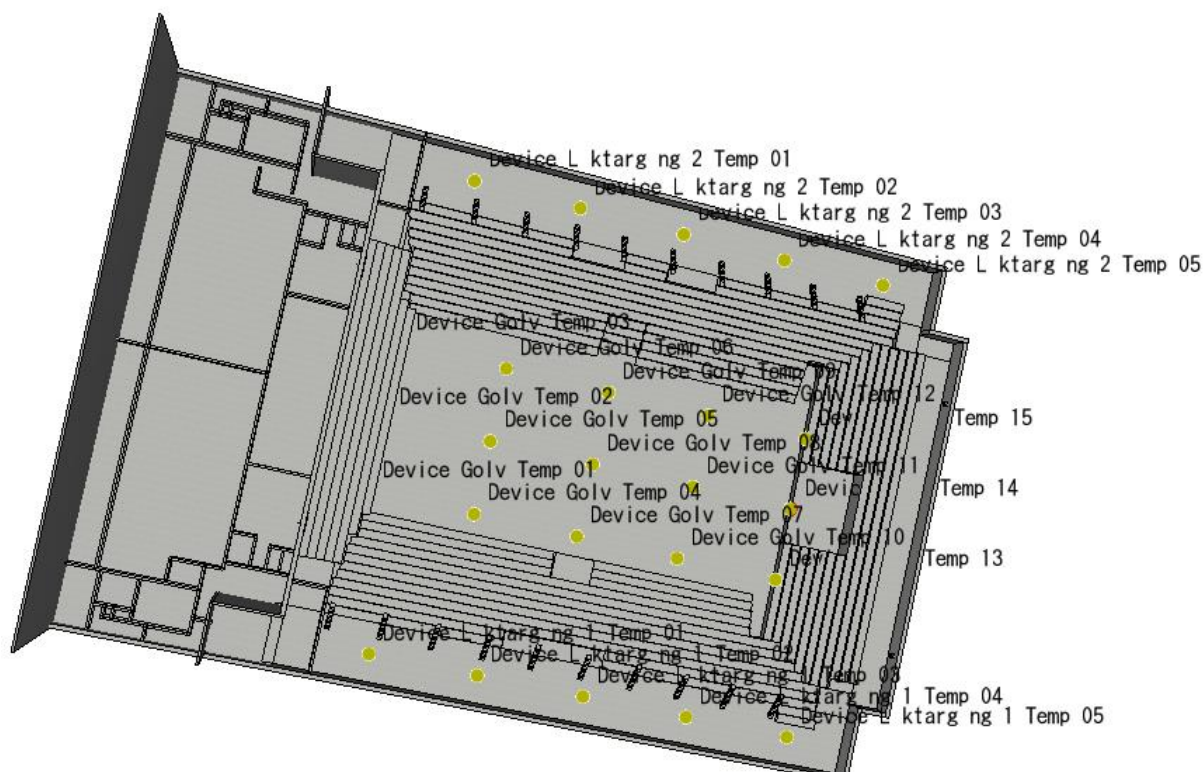
Branden placerades i norra delen av byggnaden där scenen ligger enligt röd markering i figur 8. Material för branden valdes till polyuretan då materialet ansågs representera materialen på scenen med högtalare och annat material i plast. Värden över förbränningsprodukter redovisas i bilaga G. Materialet valdes även på grund av dess förmåga att sota mycket, vilket leder till en mer konservativ simulering då mer sot kommer leda till sämre sikt. Materialet för byggnadsstruktur valdes uteslutande till betong då byggnaden till största del bestod av betong och övriga material inte anses påverka brandförloppet och rökspredning nämnvärt.



Figur 8. Geometrin för A-hallen modellerad i FDS, det röda i bild motsvarar scenbranden.

Ordinarie ventilationssystem antogs vara ur bruk då rökutveckling i utrymmet skett. Istället antogs brandspjällen på utrymmets södra vägg vara öppna mot omgivningen utan någon extern påverkan då dokumentation om dessa saknas, men rökdetektorer är placerade i anslutning till spjällen och de antas öppna vid detektering. Små luftintag antogs vid planens långsidor för att få något inflöde av luft överhuvudtaget på grund av fasadläckage eller liknande även om ventilationen är avstängd.

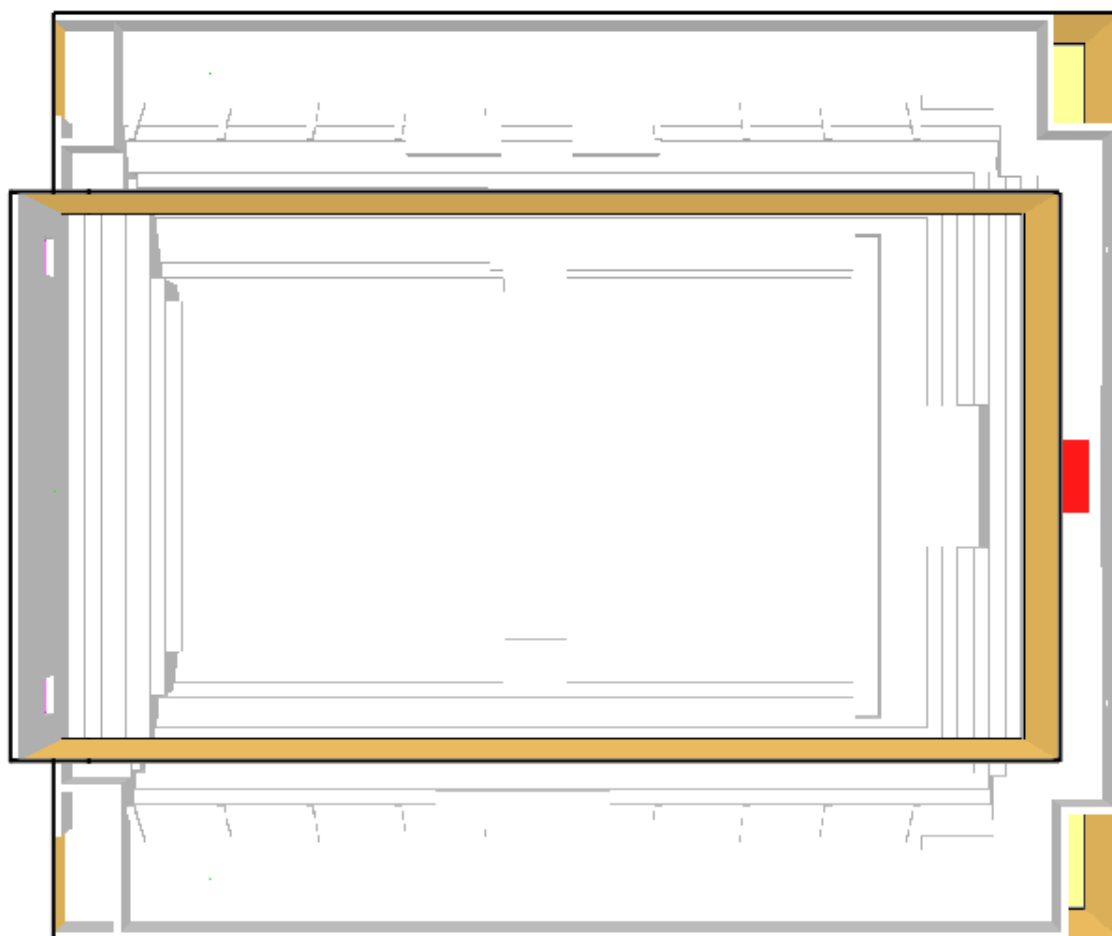
För att kunna göra bedömningar efter simuleringar valdes ett antal olika intressanta mätpunkter. Termoelement placerades i läktargångarna och på planen enligt figur 9 på höjden 1,8 meter respektive 2 meter över golvnivå. Vidare placerades ett flertal slice-files ut för att göra bedömningar av siktförhållanden. Slice-files används i detta fall för att visa siktförhållanden i ett givet plan i utrymmet, men de kan även användas för att mäta en mängd olika data i ett givet plan.



Figur 9. Placering av termoelement i A-hallen.

I fallet med kioskbranden ansattes lika många meshar som i fallet med scenbranden dock med något förändrad placering då branden i detta scenario är placerad på läktargången enligt röd markering i figur 10. Den karakteristiska branddiametern dividerat med cellstorleken blev 6,1 vilket är inom det acceptabla intervallet 4-16 med en effektutveckling av 1,8 MW.

I övrigt ansattes samma ingångsparametrar som i fallet med scenbranden. Simuleringstiderna sattes till 720 sekunder för både scenbrandssimuleringen och kioskbrandssimuleringen.



Figur 10. Geometrin på A-hallen modellerad i FDS, det röda i bild motsvarar kioskbranden.

8.1.3 Pathfinder

I räddningstjänstens tillsynsprotokoll D.nr. 2013-000845, daterat 2013-03-20 sattes gränsen för personantal på golvet till 300 personer vid enbart verksamhet på golv. Detta antal ansattes till Pathfinder-simuleringen med ytterligare 1881 på läktarplats/läktargång då bilder från tidigare konserter har påvisat att även läktarna varit mer eller mindre fyllda, vilket ger totalt 2181 personer i A-hallen under scenariot. En andra simulering ansattes för samma scenario fast med 500 personer på golvet och totalt 2381 personer i utrymmet. I tillsynsprotokoll D.nr. 2013-001113 från 2013-04-12 påpekas att då fler än 150 personer vistas på planen tillåts endast 1500 personer på läktaren.

I fallet med kioskbranden antogs dock hallen vara fullsatt med totalt 2926 personer i A-hallen.

Det antas att varseblivningstiden för A-hallen motsvarar den för en offentlig miljö där branden är synlig enligt Boverket, vilket resulterar i en förberedelsestid av 1 minut (BFS 2013:12 BBRAD 3). Denna tid anses som konservativ vid jämförelse med video från "The Station Night Club Fire" (youtube.com) där utrymning påbörjas redan 20-30 sekunder efter brandens start. För en bra representation av förberedelsestid innan utrymning påbörjades valdes en uniform fördelning med minimumvärde taget från BBRAD och antagen maxtid för att få en bredare konservativ fördelning av förberedelsestider. De använda värdena visas i tabell 3. Efter 60 sekunder har

branden tillväxt till knappt 1 MW i båda fallen och en hel del personer i utrymmet borde garanterat ha upptäckt branden och påbörjat utrymning.

Tabell 3. Förberedelsestider som användes som ingångsparametrar i Pathfinder.

	A-hall [s]
Max	120
Min	60
Medel	90
Standardavvikelse	10

Axelbredd för män, kvinnor och barn beskrivs som en normalfördelning med ingångsparametrarna från tabell 4 och är grovt approximerade från artikeln *Swedish anthropometrics for product and workplace design* (2009).

Tabell 4. Axelbredd för män, kvinnor och barn som användes som ingångsparametrar i Pathfinder.

	Män [cm]	Kvinnor [cm]	Barn [cm]
Max	56	50	42
Min	40	35	25
Medel	48	43	35
Standardavvikelse	3	2	2

Besökarnas gånghastigheter antogs till en normalfördelning enligt tabell 5. Standard i Pathfinder är 1,19 m/s men studenterna antar att gånghastighet varierar mellan olika personer och skiljer sig mellan individer beroende på hur de går i normala fall och hur de reagerar på nödsituationer.

Tabell 5. Hastigheter som användes som ingångsparametrar i Pathfinder.

	Hastighet [m/s]
Max	1,8
Min	0,8
Medel	1,0

Figur 12 visar var personerna befinner sig i början av simuleringen. De röda markeringarna i figur 12 visar de tillgängliga utrymningsvägarna. Dessa markerade utgångar gäller för samtliga Pathfinder-simuleringar över A-hallen. Utrymningsvägar 1 och 6 stängs när kritiska förhållanden uppnås på läktargången medan övriga utrymningsvägar alltid är tillgängliga, det vill säga utrymningsväg 3 och 4 på plan 1. Notera att utrymningsvägarna 2 och 5 inte stängs, dels på grund av att personerna ska hinna utrymma innan kritiska förhållanden nås, dels har de ingen annan utrymningsväg att tillgå.

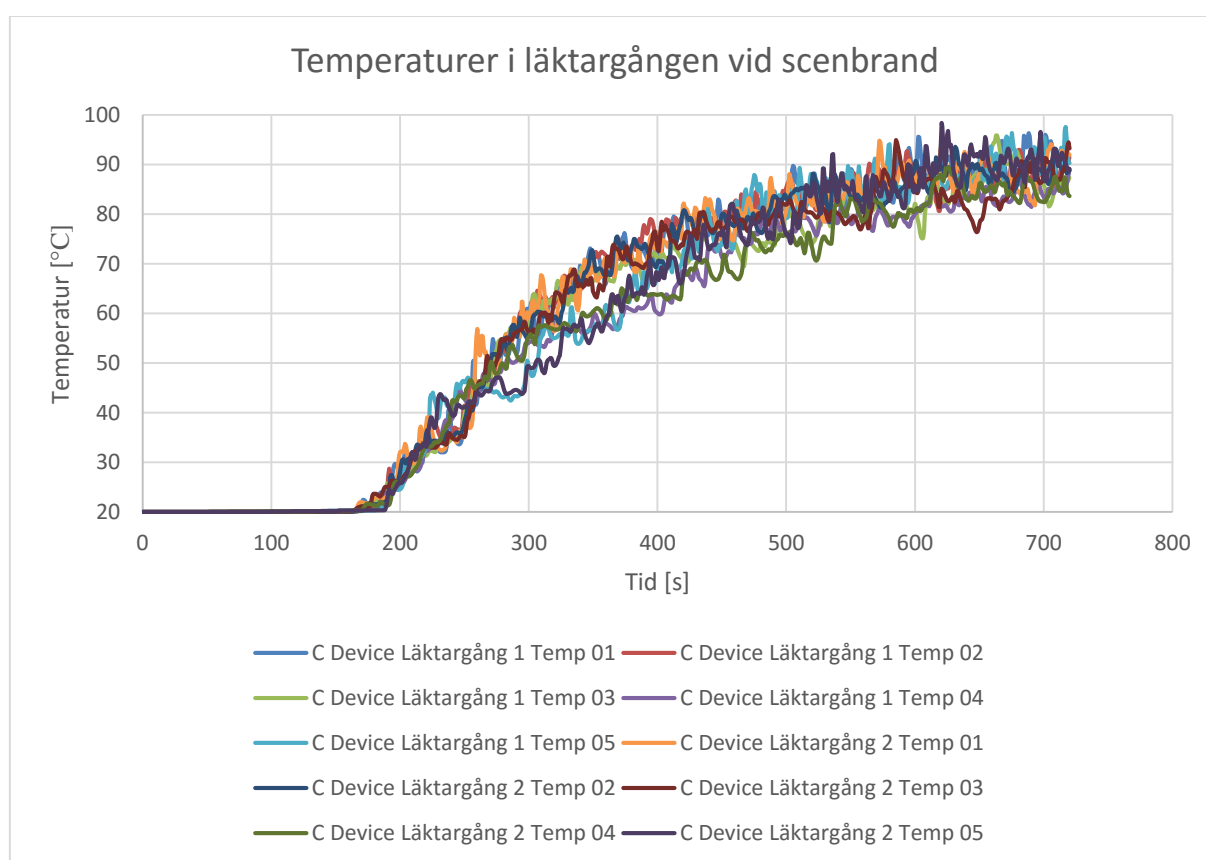
I simuleringarna antogs det att personer på läktarnas nedre rader föredrog de golvnära utrymningsvägarna medan personerna på de övre raderna föredrog utrymning genom läktargångarna. Personer som befann sig i mitten av läktarna fick välja fritt vilken utgång de föredrog.

Den faktor som först uppnådde kritiska förhållanden var i båda fall sikten och detta skedde avsevärt mycket tidigare på läktargången än på golvet. Det antogs därför att flertalet människor kommer att välja utrymningsvägarna i golvnivå hellre än de på läktargångarna vilket ansattes i ingångsparametrarna i Pathfinder.

En extra Pathfinder-simulering utöver de valda scenarierna gjordes då det i tillsynsprotokoll D.nr. 2013-001113 från 2013-04-12 ansågs att det värsta scenario som kunde inträffa var att en brand startade i foajén och blockerade utrymningsvägar genom foajén och trapphus. Detta fall simulerades endast i Pathfinder utan FDS-simulering för det givna fallet eftersom i de redan simulerade fallen blir rökutvecklingen i A-hallen betydligt kraftigare och ses som dimensionerande.

8.2 Resultat av FDS

Nedan i figur 11 presenteras resultaten för de olika simuleringarna.



Figur 11. Diagram över temperaturer för scenbrand i A-hallen.

Simuleringstiden för de båda bränderna valdes till 720 sekunder då simuleringen från Pathfinder visat att alla människor hunnit utrymma innan dess. Den parameter som först uppvisade kritiska förhållanden enligt data från de virtuella givarna i FDS var temperaturen och det uppvisades först vid läktargången vid fallet med scenbrand. För fallet med scenbrand uppnås kritiska förhållanden, 80 °C, i läktargången efter 400 sekunder, se figur 11. I fallet med kioskbrand uppnås aldrig 80 °C i läktargången, se tabell 6.

Enligt slice-files visades däremot att sikten var den parameter som först skulle uppnå kritiska förhållanden. Detta skulle ske vid scenbranden efter 190 sekunder på läktargången och 300 sekunder nere på golvet. Vid kioskbranden skulle kritiska förhållanden nås vid 210 sekunder på läktargången och 430 sekunder nere på golvet. Mätpunkterna för sikt bör dock ses lite skeptiskt på då FDS beräknar sikten i en given punkt och de verkliga siktförhållandena kan variera.

Tabell 6. Visar tid till kritiska förhållanden (k.f.) för olika parametrar och olika punkter.

	Scenbrand k.f. temp [s]	Kioskbrand k.f. temp [s]	Scenbrand k.f. sikt [s]	Kioskbrand k.f. sikt [s]
Läktargång	400	-	190	210
Golv	-	-	300	430

Även om sikten anses vara en något osäker parameter på grund av simuleringsprogrammets begränsningar så är det den parameter som kommer att användas som den kritiska då detta anses mest konservativt.

Ytterligare mätdata (koldioxid, temperatur) från simuleringarna i A-hallen finns presenterad i Bilaga G.

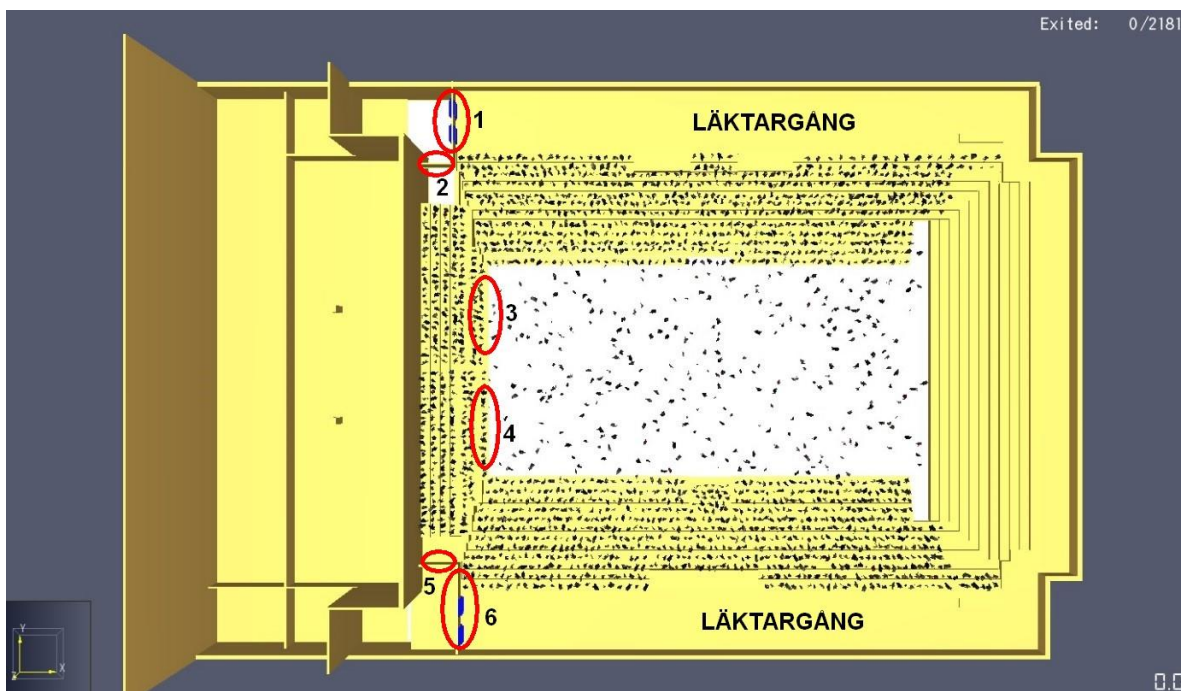
8.3 Resultat av Pathfinder

Nedan presenteras resultaten från Pathfinder-simuleringen.

Utrymningssimulering gjordes två gånger för scenbranden där norra läktaren inte var fylld och där 300 respektive 500 personer vistades på golvet.

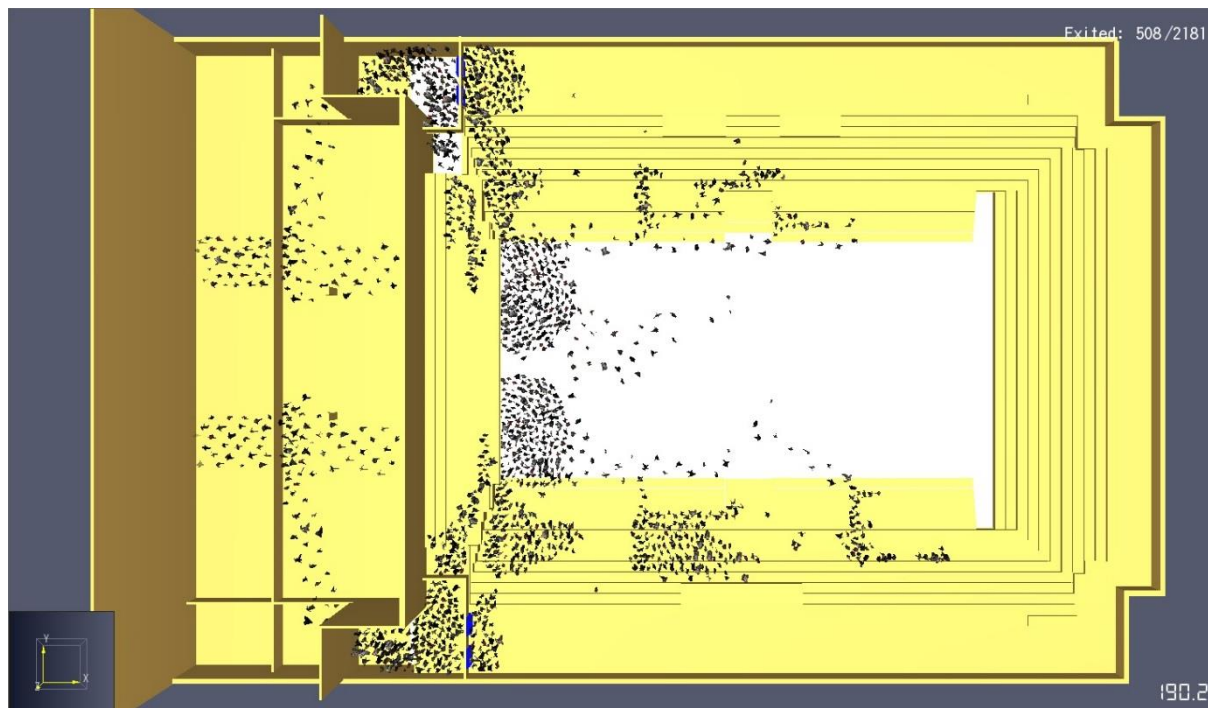
8.3.1 Scenbrand 300 personer på golvet

Figur 12 visar var människor befinner sig vid simuleringens start.



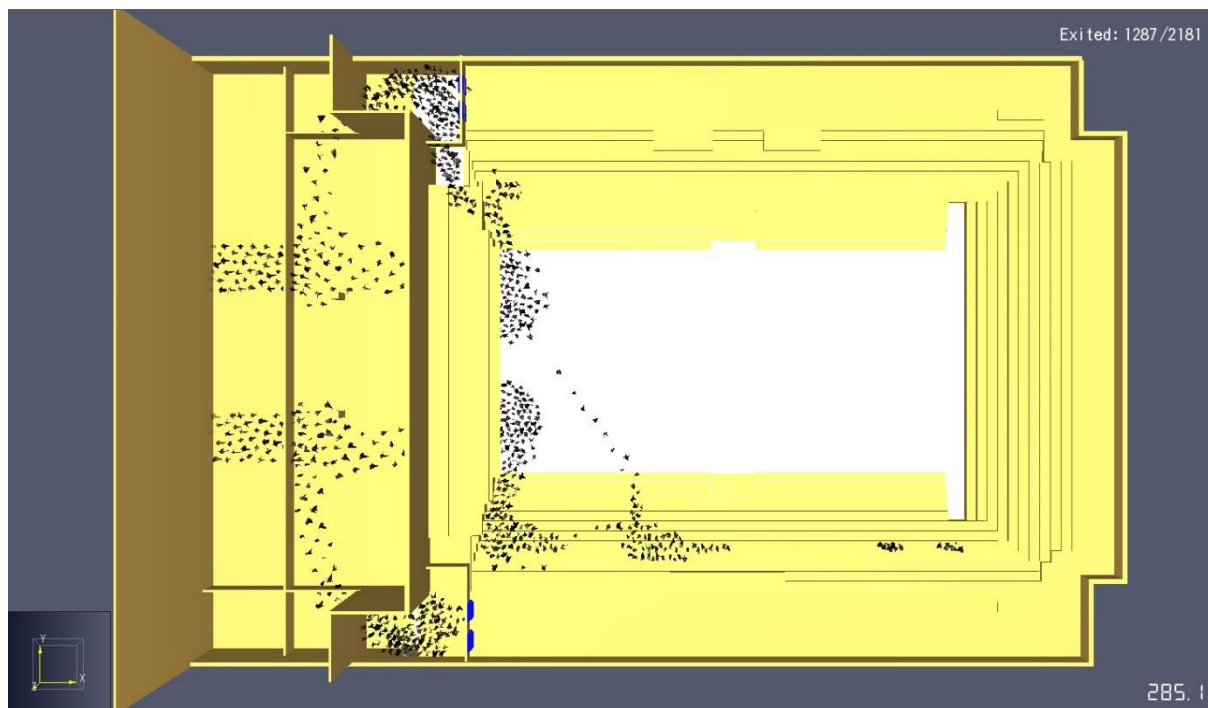
Figur 12. Pathfinder-simulering som visar utrymning vid scenbrand för 300 personer på golvet, vid 0 sekunder.

Figur 13 visar var människor befinner sig när kritiska förhållanden för sikt infaller på läktargången. Ett flertal människor befinner sig fortfarande på läktargången, dock så står de nära utgången och antas kunna ta sig ut genom dörrarna där, även efter kritiska förhållanden uppstått.



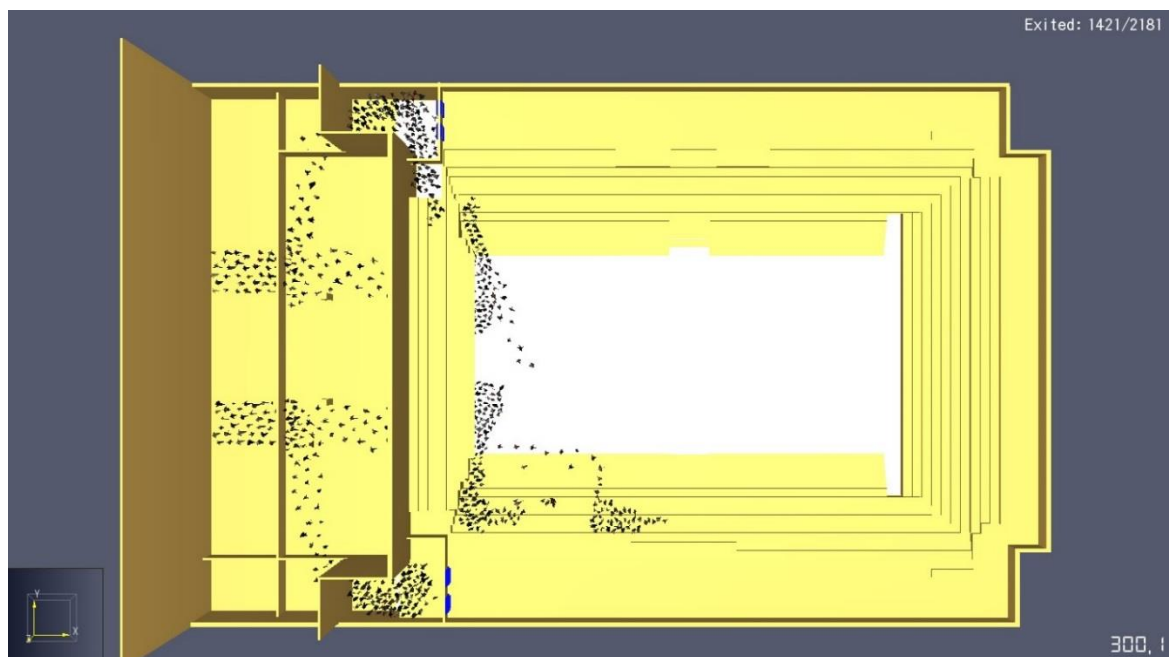
Figur 13. Pathfinder-simulering som visar utrymning vid scenbrand för 300 personer på golvet, vid 190 sekunder.

Efter 285 sekunder har samtliga personer lämnat läktargången enligt figur 14.



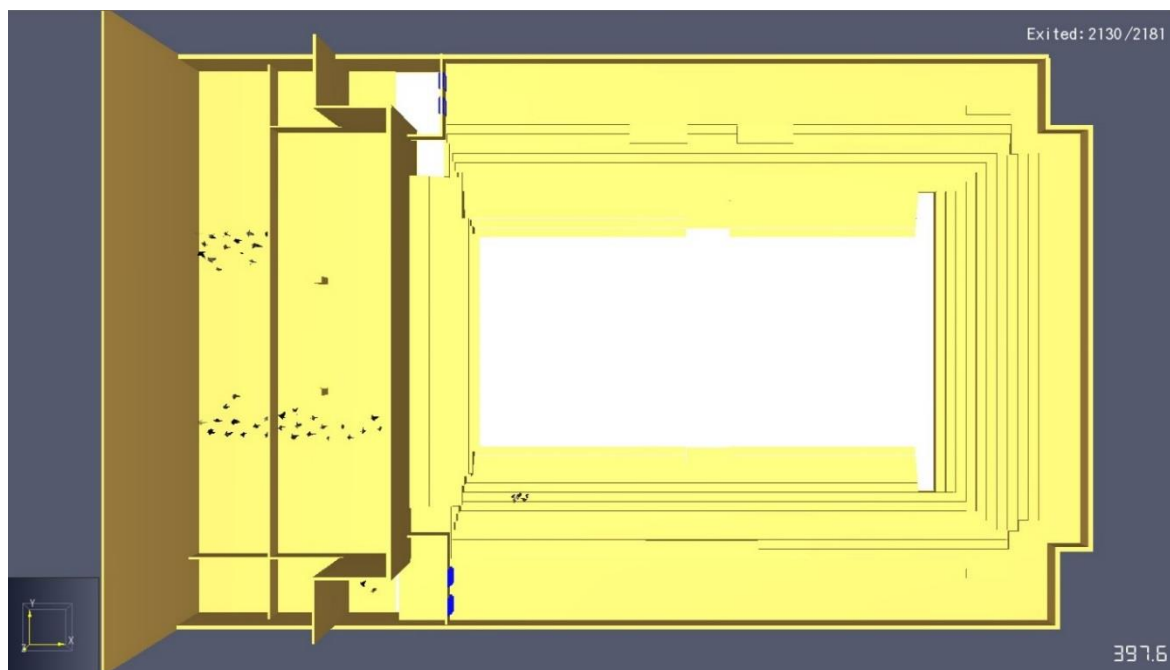
Figur 14. Pathfinder-simulering som visar utrymning vid scenbrand för 300 personer på golvet, vid 285 sekunder.

Efter 300 sekunder uppstår kritiska förhållanden på golvnivå. I detta skede befinner sig de flesta människor i kö för att komma ut ur lokalen enligt figur 15, klungan på läktaren hade i verkligheten tagit sig ner genom en trappa belägen precis till höger om dem.



Figur 15. Pathfinder-simulering som visar utrymning vid scenbrand för 300 personer på golvet, vid 300 sekunder.

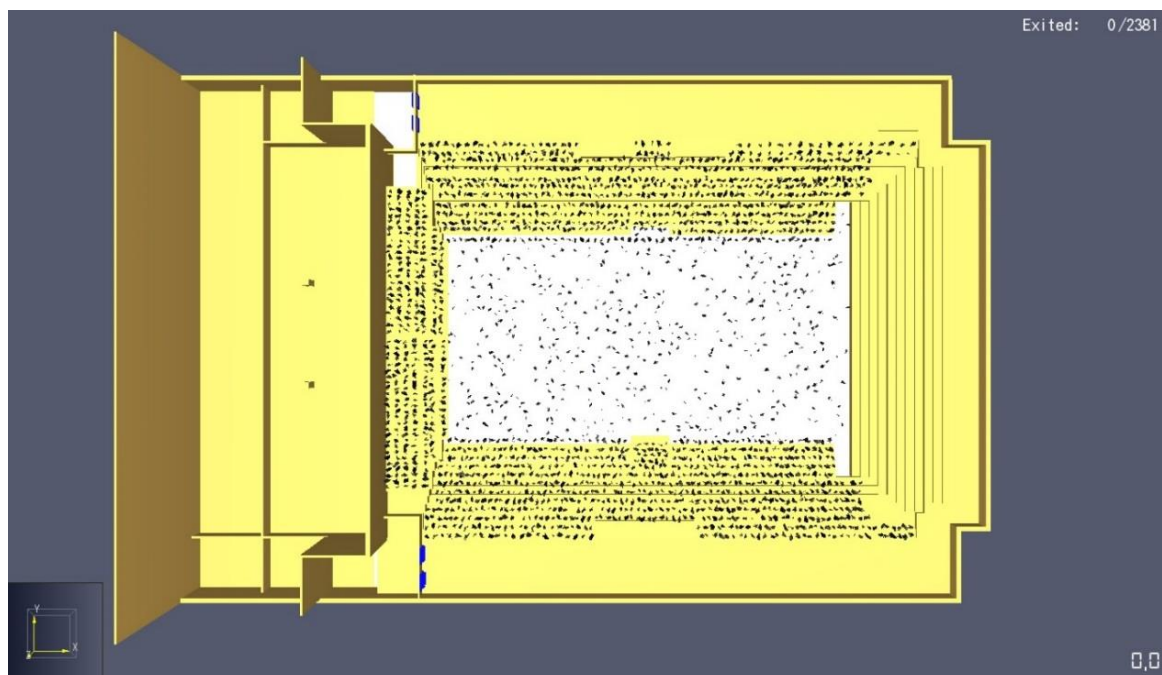
Simuleringen där 300 personer vistades på golvet visar att samtliga personer lyckades utrymma hallen på 398 sekunder, 208 sekunder efter det att kritiska siktförhållanden uppstått i golvnivå i A-hallen. De personer som syns längst ner i bild på läktaren i figur 16 fastnade på grund av ett simuleringsfel, dessa personer antas ha utrymt lokalen efter 190 sekunder.



Figur 16. Pathfinder-simulering som visar utrymning vid scenbrand för 300 personer på golvet, vid 398 sekunder.

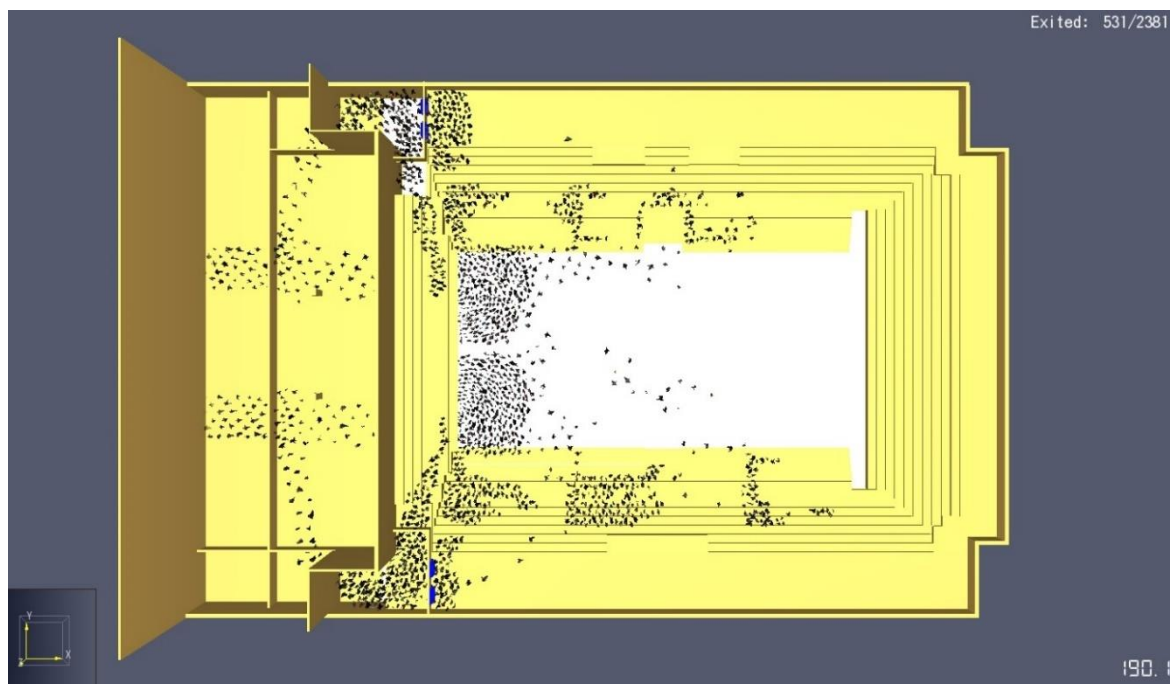
8.3.2 Scenbrand 500 personer på golvet

Figur 17 visar var personerna befinner sig i början av simuleringen.



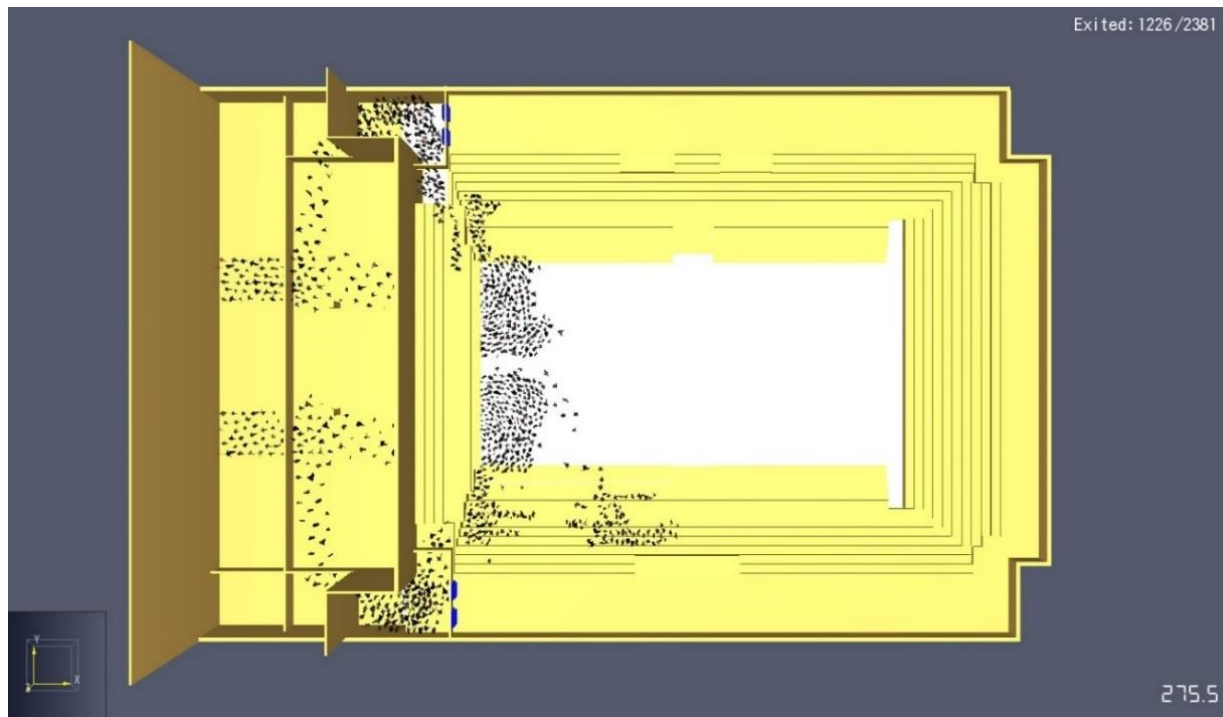
Figur 17. Pathfinder-simulering som visar utrymning vid scenbrand för 500 personer på golvet, vid 0 sekunder.

Figur 18 visar var människor befinner sig när kritiska förhållanden för sikt infaller i läktargången vid 190 sekunder. Ett flertal människor befinner sig även här fortfarande i läktargången, de står nära utgången och antas kunna ta sig ut genom dörrarna i anslutning även efter kritiska förhållanden uppstått.



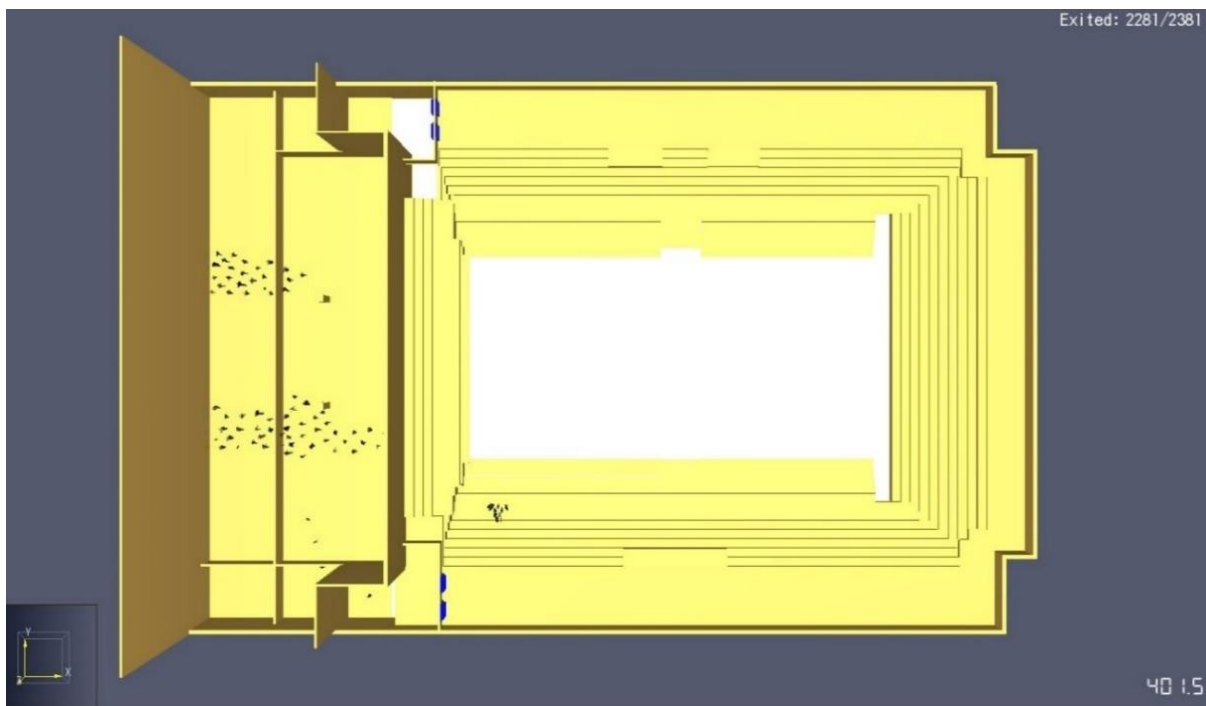
Figur 18. Pathfinder-simulering som visar utrymning vid scenbrand för 500 personer på golvet, vid 190 sekunder.

Efter 276 sekunder har samtliga personer lämnat läktargången enligt figur 19. Denna siffra anses vara i samma storleksordning som vid fallet för 300 personer på golvet och förändringen i tid kommer variera mellan varje simulering, dock kommer variansen inte vara stor mellan försöken. Personantalet på golvet försämrar alltså inte utrymningstiden uppe på läktaren där kritiska förhållanden först uppstår.



Figur 19. Pathfinder-simulering som visar utrymning vid scenbrand för 500 personer på golvet, vid 275 sekunder.

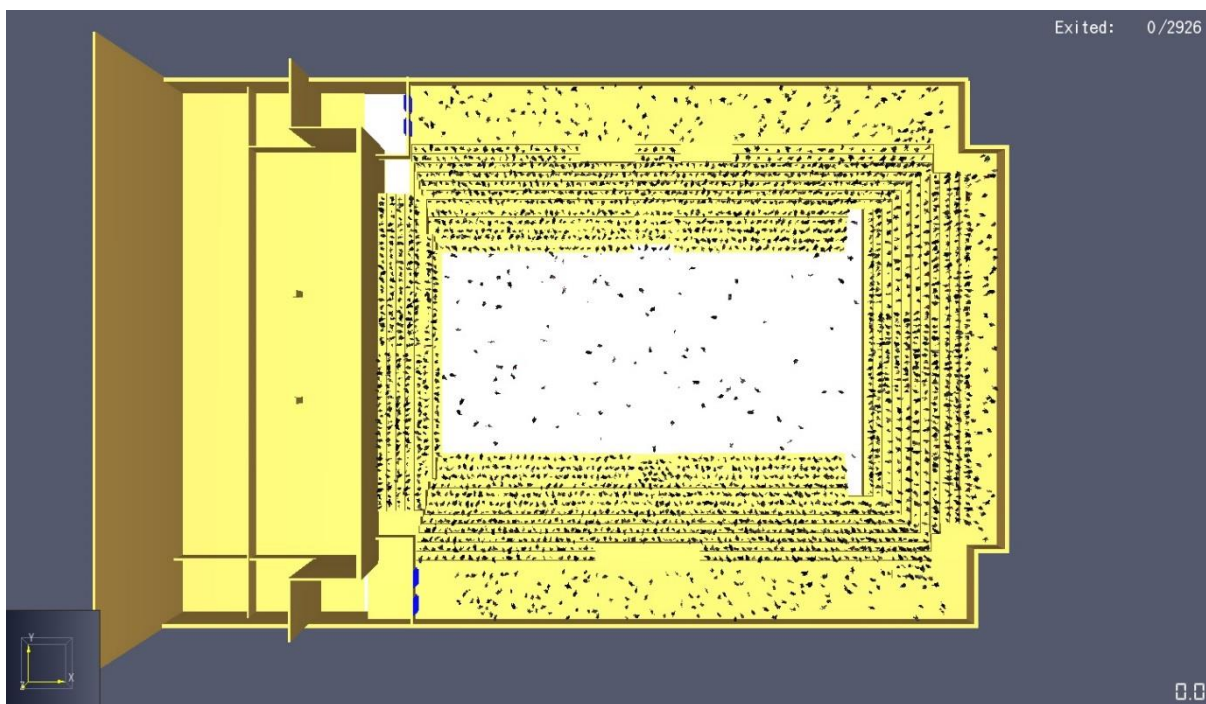
Simuleringen där 500 personer vistades på golvet visar att samtliga personer lyckades utrymma hallen på 402 sekunder. De personer som syns längst ner i bild på läktaren i figur 20 fastnade likt simuleringen för 300 personer på golvet på grund av ett simuleringsfel, dessa personer antas ha utrymt lokalen. Simuleringen för 300 personer på golvet och för 500 personer skiljer sig bara marginellt, detta tolkas då som att utrymningstiden inte påverkas av huruvida det är 300 eller 500 personer på golvet.



Figur 20. Pathfinder-simulering som visar utrymning vid scenbrand för 500 personer på golvet, vid 402 sekunder.

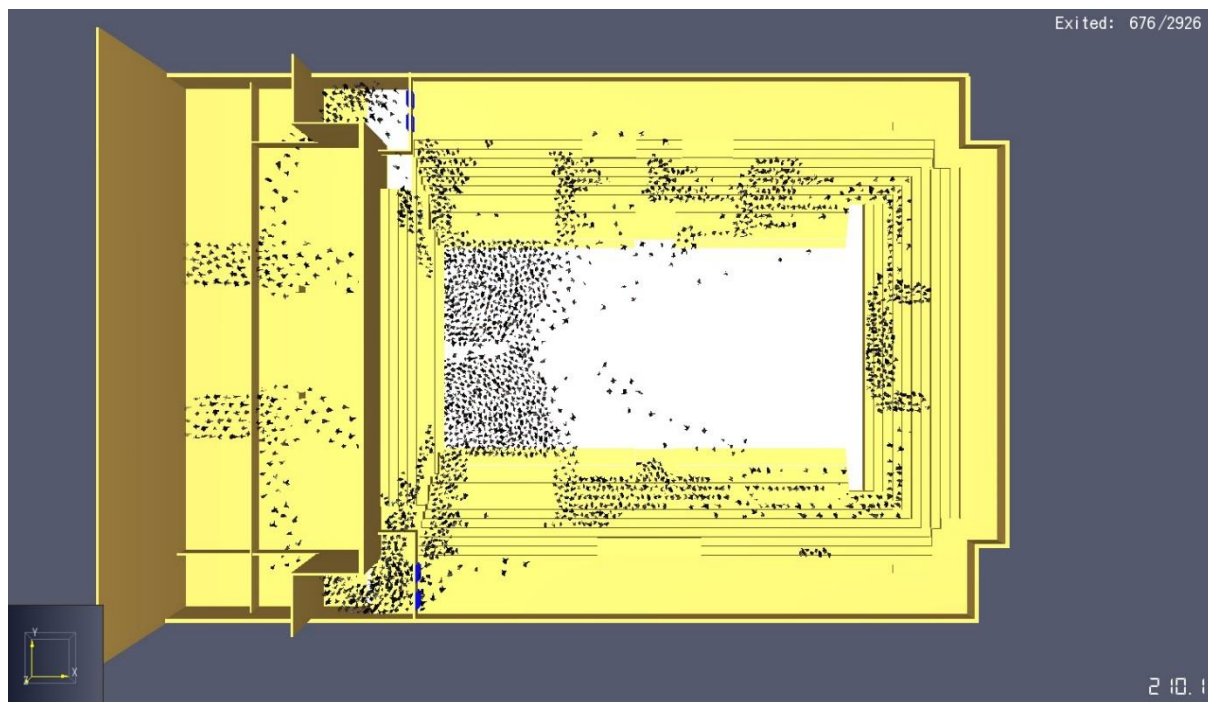
8.3.3 Kioskbrand med fullsatta läktare

Figur 21 visar var människor befinner sig initialt vid start av simuleringen.



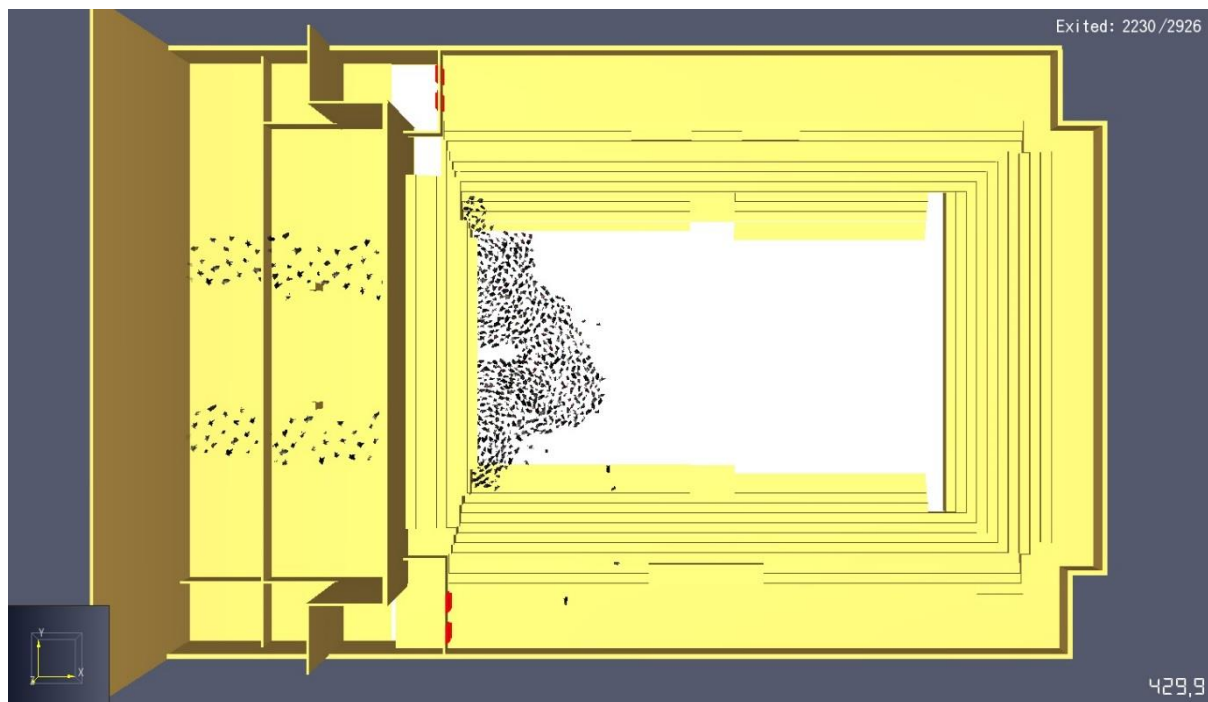
Figur 21. Pathfinder-simulering som visar utrymning vid kioskbrand under match vid 0 sekunder.

Kritiska förhållanden uppstår efter 210 sekunder vid kioskbranden på läktargången. Enligt figur 22 befinner sig endast ett fåtal personer i läktargången.



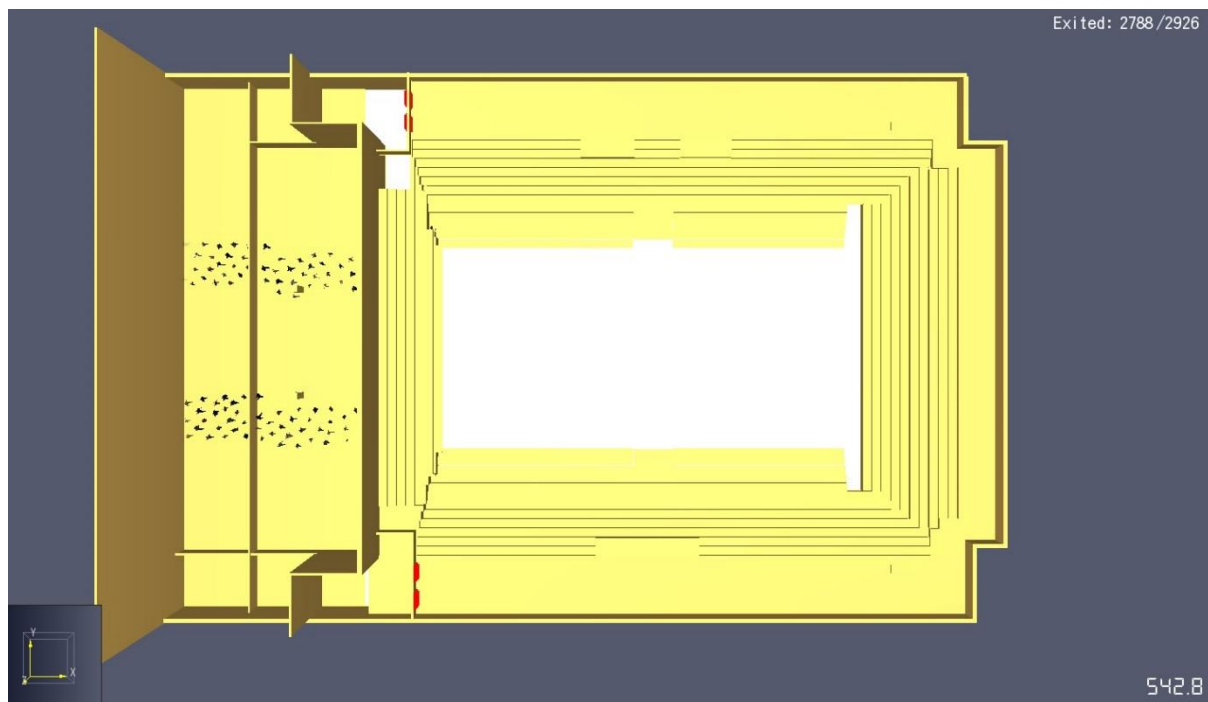
Figur 22. Pathfinder-simulering som visar utrymning vid kioskbrand under match vid 210 sekunder.

Efter 430 sekunder uppnås kritiska förhållanden i golvnivå vid kioskbranden. Vid detta skede befinner sig samtliga personer i kö till utgångarna enligt figur 23.



Figur 23. Pathfinder-simulering som visar utrymning vid kioskbrand under match vid 430 sekunder.

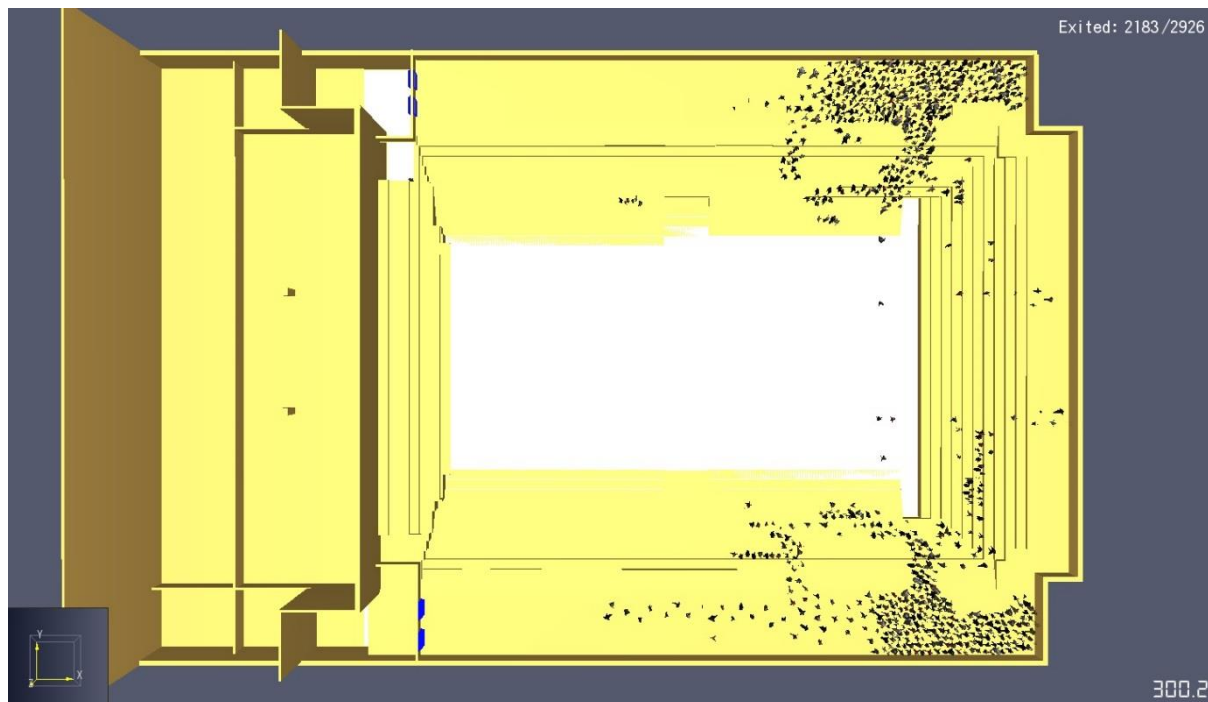
Samtliga personer har lyckats utrymma A-hallen efter 543 sekunder enligt figur 24.



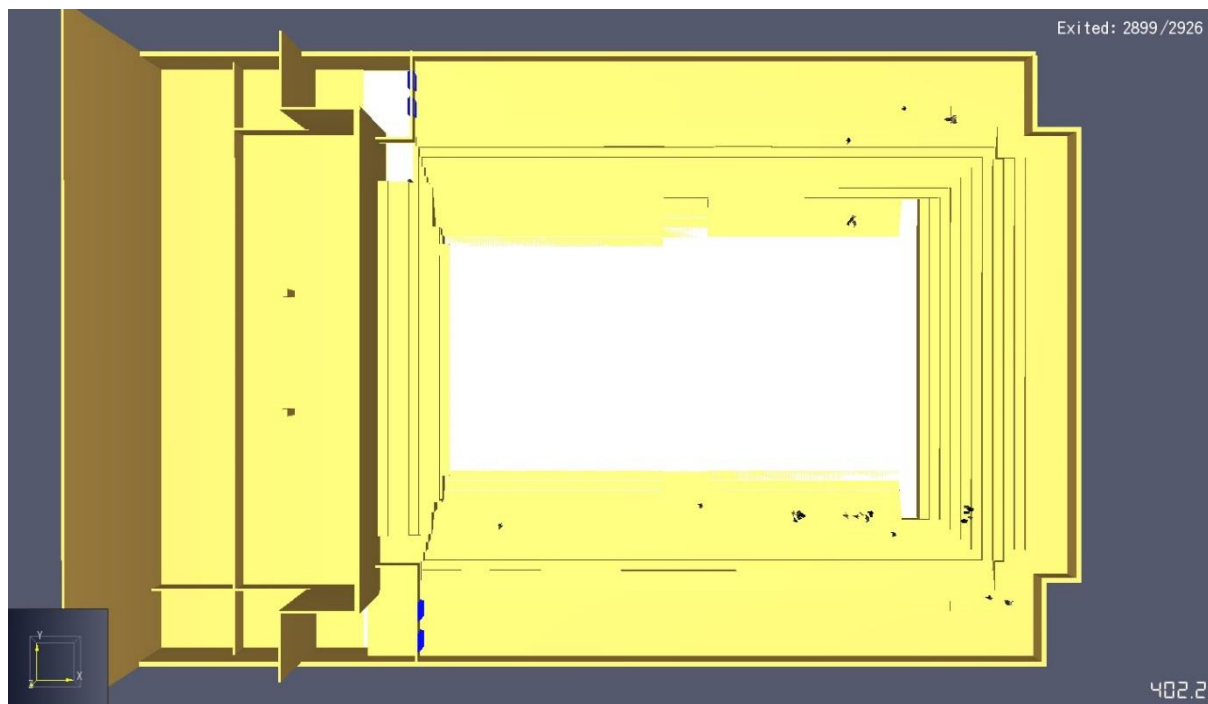
Figur 24. Pathfinder-simulering som visar utrymning vid kioskbrand under match vid 543 sekunder.

8.3.4 Utrymningssimulering med blockerad entré

Då fallet med blockerad entré omnämndes i tillsynsprotokoll D.nr. 2013-001113 från 2013-04-12 gjordes en utrymningssimulering där utrymning genom trapphusen och foajén ej var möjlig. Fallet som simulerades var en fullsatt basketmatch med 2926 personer i lokalen där initial placering av personer kan ses i figur 21. Lokalen anses vara utrymd efter ca 400 sekunder då endast ett fåtal personer som har fastnat i simuleringen är kvar.



Figur 25. Pathfinder-simulering under basketmatch vid 300 sekunder där foajé och trapphus är blockerade.



Figur 26. Pathfinder-simulering under basketmatch vid 400 sekunder där foajé och trapphus är blockerade.

8.4 Sammanvägning av resultat

Nedan jämförs resultaten över FDS- och Pathfindersimuleringarna.

Då fallen vid scenbrand där 300 respektive 500 personer är så pass lika räknas de endast som ett fall där det fallet som har värst konsekvenser är det som tas i beaktande.

Tabell 7 och 8 visar differensen mellan kritiska förhållanden och utrymningstiden. En positiv tid visar hur lång tid det tar efter det att människor har utrymt som kritiska förhållanden uppstår. En negativ tid visar hur lång tid det tar för människor att utrymma efter det att kritiska förhållanden uppstått.

Tabell 7. Differensen mellan kritiska förhållanden och utrymningstiden för läktargången.

	Kritiska förhållanden läktargång [s]	Utrymningstid läktargång [s]	Differens mellan kritiska förhållanden och utrymningstid [s]
Scenbrand	190	285	-95
Kioskbrand	210	210	0

Tabell 8. Differensen mellan kritiska förhållanden och utrymningstiden för golvet.

	Kritiska förhållanden golv	Utrymningstid golv	Differens mellan kritiska förhållanden och utrymningstid
Scenbrand	300	402	-102
Kioskbrand	430	543	-113

Vid både scenbranden och kioskbranden uppstår kritiska förhållanden först i läktargången, i fallet med kioskbranden hinner människorna i lokalen precis utrymma från läktargången, medan det kommer vara en köbildning till utrymningsvägarna vid scenbranden. Dessutom kommer ett flertal personer hamna i kö till utrymningsdörrarna i golvplan när kritiska förhållanden uppnås. Detta leder till att i samtliga fall förutom vid läktargången för kioskbranden, blir differensen mellan tid till kritiska förhållanden och utrymningstiden negativ vilket betyder att människor inte kommer hinna utrymma på ett säkert sätt sett till de kritiska förhållandena för sikt.

9 Brandscenario B-hallen

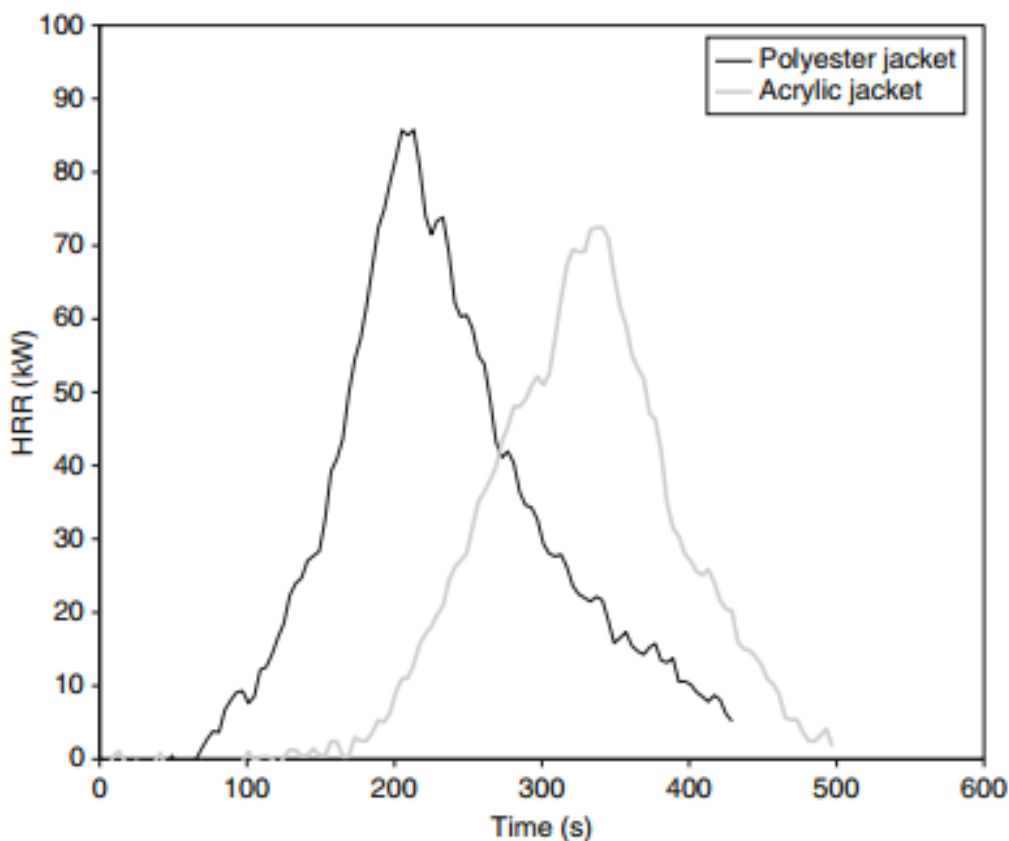
I kapitlet nedan presenteras brandscenario för B-hallen.

9.1 Simuleringsparametrar B-hallen

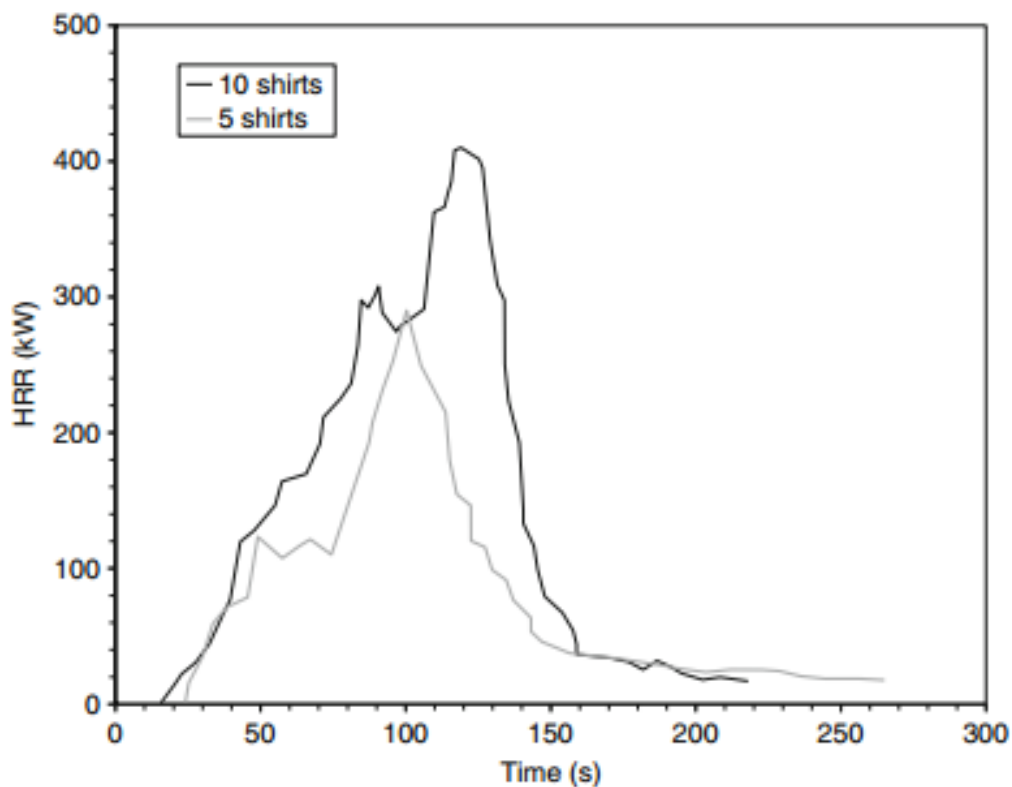
Nedan redovisas de ingående parametrar som ligger till grund för simuleringar i FDS och Pathfinder.

9.1.1 Designbrand

Branden antas starta i till exempel en mobilladdare eller dator som laddas under övernattning i lokalen. Ett av de tillgängliga eluttagen finns på läktaren. Branden antas sprida sig till kuddar, sovsäckar, luftmadrasser, kläder och övrig packning. Figur 27 och 28 hämtade från SFPE Handbook 5th edition (2016) sidor 819-820 beskriver effektkurvorna för en polyesterjacka respektive bomullsskjortor som antas vara representativa för ovannämnda saker. Det antas att ett "paket" om sovsäck, luftmadrass, kudde och ytterjacka kan likställas med ca 6 polyesterjackor med en total effekt av 480 kW. Packningen antas vara likställd med 10 skjortor som brinner med en effekt av 400 kW. Detta ger en maxeffekt av 880 kW per paket. Varje paket har en snabb tillväxt och effektutvecklingen avtar snabbt efter att ha nått maximal effekt. Vidare antas att branden sprider sig från paket till paket och håller en konstant effektutveckling av ca 1 MW under simuleringstiden. I FDS valdes det brännbara materialet till polyuretan, ett plastmaterial som sotar mycket, som antas representera de verkliga materialen på ett konservativt sätt.

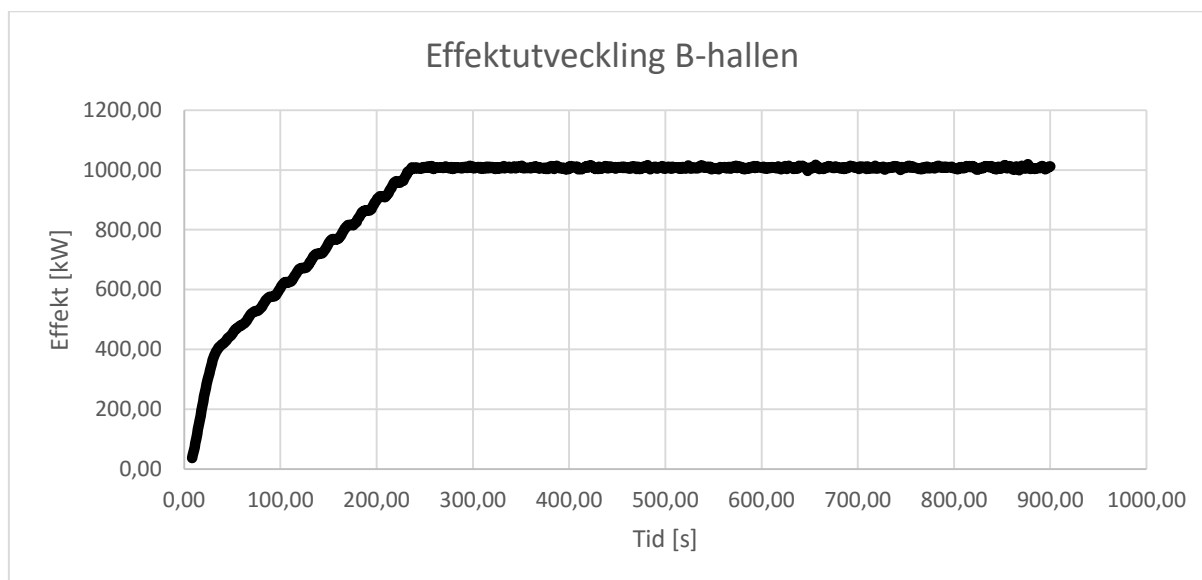


Figur 27. HRR av jackor (SFPE Handbook 5th edition, 2016).



Figur 28. HRR av skjortor (SFPE Handbook 5th edition, 2016).

Designbranden tillväxte enligt figur 29, en liten miss i FDS-kodningen gav upphov till att branden växte lite för snabbt upp till 400 kW, det gör dock bara resultatet mer konservativt och någon ny simulering genomfördes inte. Simuleringstiden sattes till 900 sekunder.



Figur 29. Effektutveckling för scenbrand i B-hallen sett över tid.

9.1.2 FDS

Följande geometri användes vid simuleringar av brand i B-hallen, figur 30 där branden markerats i rött.



Figur 30. Geometri uppbyggt i FDS över B-hallen med termoelement samt rökdetektorer (vänster) och planritning över B-hallen med rökdetektorer (höger).

En mesh med cellstorleken 10 cm ansattes i närområdet till brandkällan på läktaren medan i resterande del av utrymmet sattes cellstorleken till 40 cm. Någon dokumentation på rökdetektorers placering för B-hallen fanns inte att tillgå, därför placerades ett stort antal detektorer ut enligt figur 30 för att ha ett brett spann med aktiveringstider att tillgå, en tydligare figur med rökdetektorers placering och numrering finns i bilaga F, figur 64 på sidan 101. I figur 30 går även att utläsa placering av mätpunkter för temperatur. I dessa punkter finns mätdata att

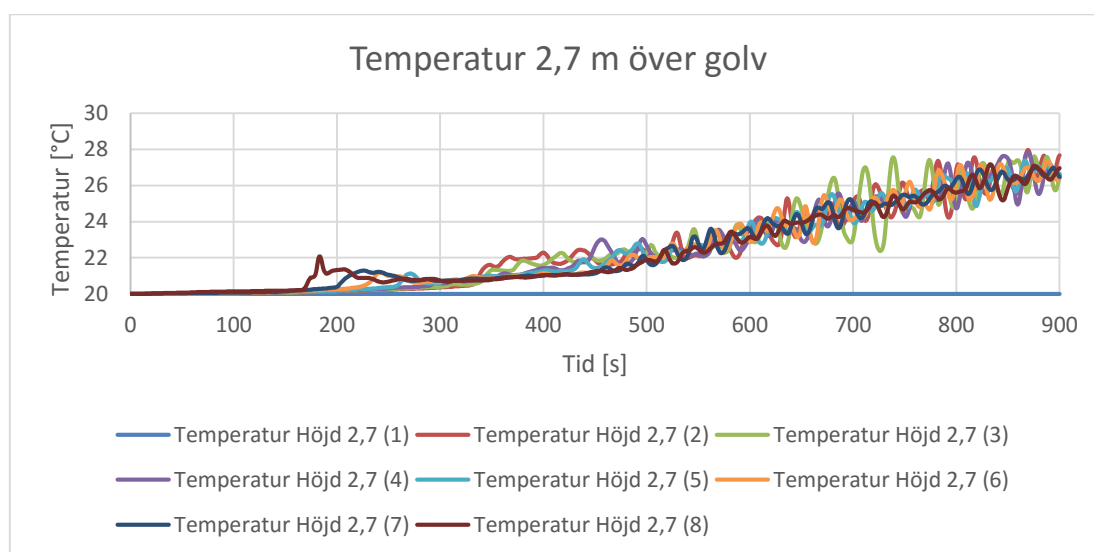
tillgå för höjderna 1,6 och 2,7 m över golv. 2,7 m är den kritiska höjden för brandgaslagret enligt BBRAD BFS 2012:13, för handberäkning se bilaga E. Då handberäkningsmetoden för höjden till kritisk nivå av brandgaslager ansågs ge en missvisande hög nivå ansågs det vara av intresse att även mäta temperaturen vid normal ansiktshöjd 1,6 m. Alla ytskikt i lokalen antogs vara av betong. Ordinarie ventilation antas vara avstängd och ventilering i simuleringen sker endast genom en liten öppning i dörren till omklädningsrummen.

9.1.3 Pathfinder

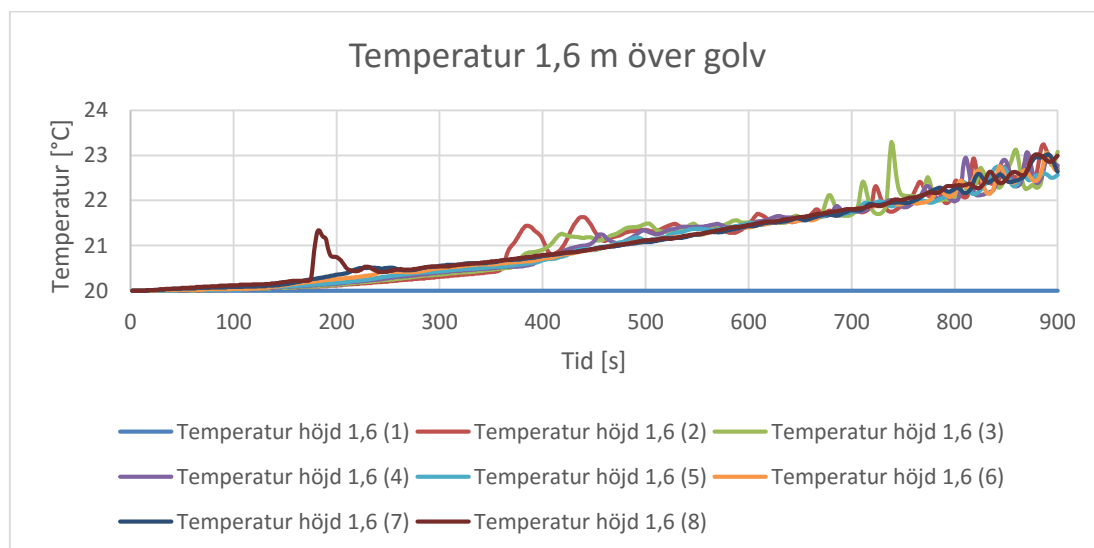
Någon utrymningssimulering ansågs inte vara nödvändig, se resultat av FDS nedan.

9.2 Resultat av FDS

I figur 31 och 32 redovisas temperaturerna vid respektive termoelement och höjderna 2,7 respektive 1,6 m.



Figur 31. Termoelement placerade i B-hallen på höjden 2,7 m över golvnivå.



Figur 32. Termoelement placerade i B-hallen på höjden 1.6 m över golvnivå

I tabell 9 redovisas tid till detektion vid ett urval av detektorerna.

Tabell 9. Tid till detektion.

Detektornummer	15	5	14	13	4	11	8
Tid till detektion [s]	40	45	50	57	60	70	140

Halter av koldioxid och kolmonoxid blev så små vid mätpunkterna att de inte redovisas.

9.3 Sammanvägning av resultat

Då kritiska förhållanden aldrig uppnås för scenariot så genomfördes ingen utrymningssimulering och inga ytterligare åtgärder anses nödvändiga. Tiden till detektion styrker också att det finns gott om tid för säker utrymning.

Även en extra simulering genomfördes med 50 % större effekt, 1,5 MW. Denna ledde dock inte heller till kritiska förhållanden på någon parameter efter 900 sekunders simuleringstid.

10 Brandscenario C-hallarna

I kapitlet nedan presenteras brandscenario för C-hallarna.

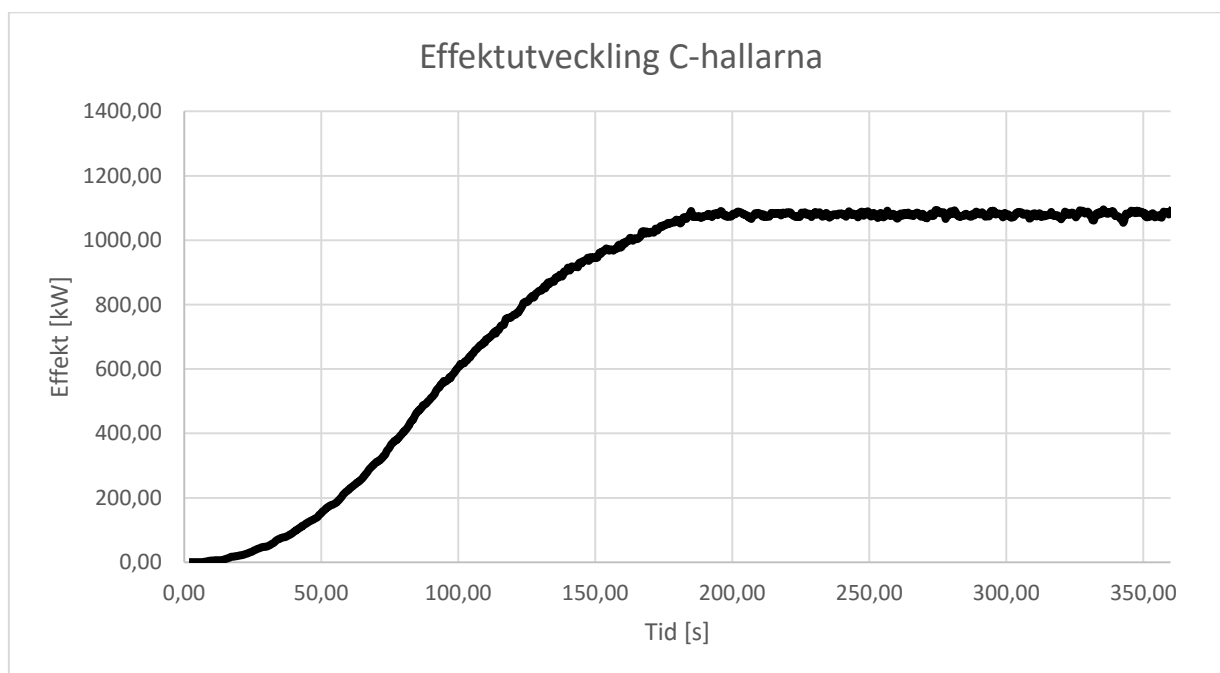
10.1 Simuleringsparametrar

Nedan redovisas de ingående parametrar som ligger till grund för simuleringar i FDS och Pathfinder.

10.1.1 Designbrand

Mer eller mindre samma antagande som vid B-hallen görs. Vid ett större arrangemang fylls C-hallarna med övernattande. Medhavd elektronisk utrustning fallerar och antänder en intilliggande madrass. Då det väl har börjat brinna föreligger en stor risk för spridning då madrasser och sovsäckar antas ligga nära varandra. Då de personer som vistas i lokalen sover kommer det att längre tid än normalt för branden att uppmärksammas. Det som kan tänkas brinna i sammanhanget är medhavda madrasser och sovsäckar samt frigolitskivor som täcker speglar och träningsmattor. Branden anses växa snabbare i C-hallarna än i B-hallarna på grund av lägre takhöjd vilket resulterar i mer återstrålning mot det brännbara materialet.

Effektutvecklingskurvan för branden i C-hallarna redovisas i figur 33 nedan.



Figur 33. Effektutveckling för scenbrand i C-hallarna sett över tid.

10.1.2 FDS

Branden är placerad enligt röd rektangel i figur 34. Branden placerades i ett hörn av en av C-hallarna för att röken skulle ha så lång väg till detektorerna som möjligt för ett worst case-scenario. Simuleringstiden sattes till 360 sekunder, tiden valdes då alla hunnit utrymma på den tiden i Pathfinder. Alla ytskikt antogs vara betong då byggnaden till allra största del består av betong och övriga ytskikt antas inte ha någon större inverkan på brandförlopp och rökspridning. Cellstorleken valdes till 10 cm i närheten av branden och 20 cm i resterande del av utrymmet. Den karakteristiska branddiametern dividerat med cellstorleken nära branden blev 9,6 vilket är en godtagbar upplösning enligt FDS User's Guide.

Ordinarie ventilation antas vara avstängd under simuleringen då den stängs av vid rökindikering. Ventilation i simuleringen sker endast via omklädningsrummen överst respektive nederst i figur 32 då utrymning sker genom dessa dörrar och de antas vara öppna under stor del av simuleringen.

Rökdetektorernas placering kan ses i figur 34 (gröna), de är placerade enligt brandskyddsdocumentationen för fastigheten. Termoelement är placerade enligt figur 34 (gula) på 1,8 m höjd vilket är nära brandgaslagrets kritiska höjd som enligt BBRAD BFS 2012:13 beräknades till 1,88 m (se bilaga E för handberäkning).



Figur 34. Geometri uppbyggt i FDS över C-hallarna med termoelement samt rökdetektorer (vänster) och planritning från brandskyddsdocumentation över C-hallarna med rökdetektorer (höger).

10.1.3 Pathfinder

Det antas att det är mestadels ungdomslag med ledare som övernattar i C-hallarna, således har en fördelning av personerna i lokalen enligt följande, 90 % barn, 5 % kvinnor och 5 % män.

Förberedelsetider ansattes som en uniform fördelning med parametrarna enligt tabell 10, tiderna baseras på ett försök där man mätte tiden från att larmet började låta tills att utrymning inleddes av sovande personer (Hagiwara och Nakano, 2000)

Tabell 10. Förberedelsetider som används i Pathfinder (www.iafss.org).

	C-hall [s]
Max	120
Min	20
Medel	70
Standardavvikelse	-

10.2 Resultat av FDS

Termoelementen är placerade 1,8 m över golvet vilket är den kritiska höjden på brandgaslagret för utrymnet. Den kritiska temperaturen för brandgaslagret på 80 °C nås vid respektive termoelement efter tiden som redovisas i tabell 11.

Tabell 11. Tid till 80 °C vid höjden 1,8 m.

Element	1	2	3	4	5	6	7
Tid till 80 °C	115	118	141	160	-	-	-

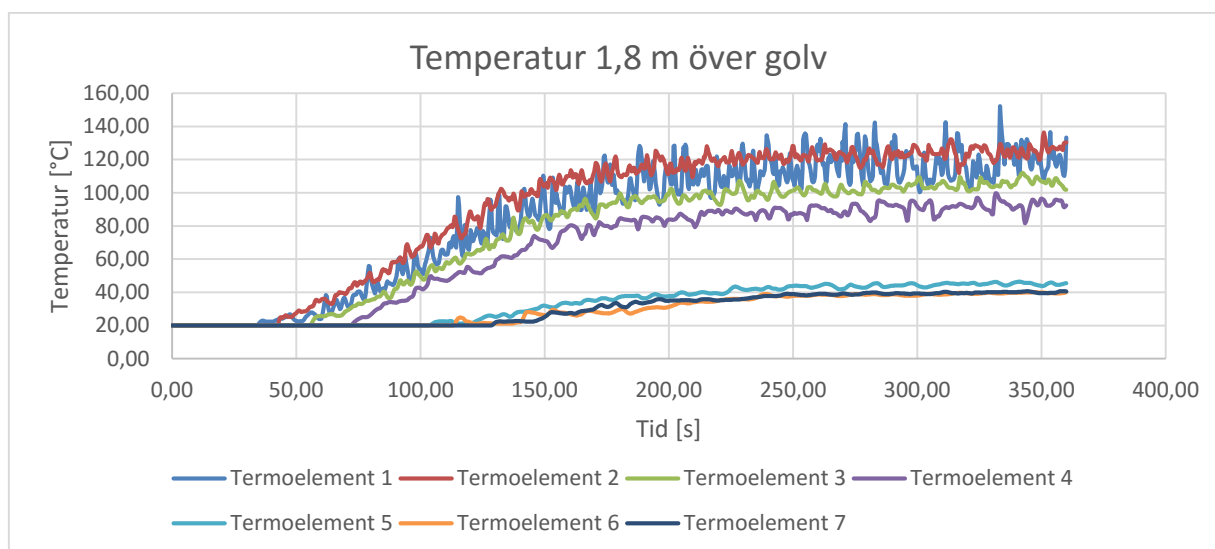
Halter av koldioxid och kolmonoxid blev så små vid mätpunkterna att de inte redovisas.

I tabell 12 redovisas tiden till rökdetektorernas aktivering.

Tabell 12. Tid tills rökdetektorerna aktiveras.

Rökdetektor	1	2	3	4
Tid till aktivering [s]	50	85	115	145

Termoelementens temperatur under branden går att utläsa ur figur 35 nedan.



Figur 35. Termoelement placerade i C1 och C2 på höjden 1,8 m över golvnivå.

10.3 Resultat av Pathfinder

I tabell 12 redovisas utrymningstider. Tiderna avser hur lång tid det tar innan alla personer har utrymt C-hallarna. Tiderna som avser endast C1 är den tid som personerna i C1, där branden antas starta, behöver för att utrymma från C1 till närmaste angränsande utrymme, medan de andra tiderna beskriver utrymningstiden till säker plats, alltså trapphuset. Det genomfördes även simuleringar där dörrarna som var 77 cm breda breddades till över 100 cm, detta gav dock ingen skillnad på resultatet.

Tabell 12. Olika parametrar och resultat som använts i Pathfindersimuleringar.

Förberedelsetid	Utrymningstid efter larm[s]	Utrymningstid från brandstart [s]	Utrymningstid efter larm endast C1 [s]	Utrymningstid från brandstart endast C1 [s]
Uniform 20-120	137-139	187-189	127	177

10.4 Sammanvägning av resultat

Resultaten från simuleringar i FDS och Pathfinder indikerar att kraven för säker utrymning inte uppfylls för det givna scenariot. I tabell 13 redovisas tidsdifferensen mellan kritiska förhållanden för respektive termoelement och utrymningstiden från brandens start tills alla har utrymt där förberedelsetiden för simuleringen är satt som en uniform fördelning 20-120 sekunder.

Tabell 13. Tidsdifferens mellan kritiska förhållanden och utrymningstid.

Termoelement nr.	Tid till kritiska förhållanden	Utrymningstid	Differens mellan kritiska förhållanden och utrymningstid
1	115	188	-73
2	118	188	-70
3	141	188	-47
4	160	188	-28

11 Brandscenario Boxningshallen

I kapitlet nedan presenteras brandscenario för boxningslokalen.

11.1 Simuleringsparametrar

Nedan redovisas de ingående parametrar som ligger till grund för simuleringar i FDS och Pathfinder.

11.1.1 Designbrand

Mängden brännbart material är stor. Branden antas starta i elektrisk utrustning i köket/kontorsutrymnet. Spridningen kan ske till kontorsmöbler och hyllor med pärmar. Alternativt inträffar brand i garderobsdelen intill kontoret. Antändningskällan kan vara en överhettad mobil eller liknande. Det värsta troliga scenariot torde vara antingen kontorsbrand (Initial Fires) eller att 50-100 vinterjackor med polyesterstopning brinner (polyester jacket fire i Initial Fires). Branden antas tillväxa i likhet med branden i C-hallarna och får full effektutveckling först efter det att alla personer hunnit utrymma.

11.1.2 FDS

FDS-resultat för C-hallarna approximeras med ett eventuellt resultat i boxningshallen – utrymmena har jämförbar volym och takhöjd. Den totala golvarean i boxningshallen är 223 m² vilken kan jämföras med C-hallen som FDS-simulerades som hade 180m² i golvarean. Takhöjden i boxningshallen är 3,5 meter och takhöjden i C-hallarna är endast 2,8 meter. Detta gör att om resultatet från C-hallarnas FDS-simuleringar antas gälla även för boxningshallen är detta ett väldigt konservativt antagande. Om resultaten påvisar en säker utrymning för boxningshallen med samma tid till kritiska förhållanden som för C-hallarna genomförs ingen egen FDS-simulering för boxningshallen.

11.1.3 Pathfinder

I utrymningssimuleringen placerades 150 personer runt boxningsringen i boxningshallen. Det antas att personer upptäcker branden cirka 30 sekunder efter brandstart och börjar därefter utrymma relativt omgående. Utrymnet är relativt litet och $t_{varse} + t_{beslut \& reaktion}$ anses vara liknande den vid "The Station Night Club Fire" (youtube.com) där utrymning påbörjas redan 20 sekunder efter brandstart. Dock är branden i "The Station Night Club Fire" synlig för hela publiken till skillnad från en boxningsmatch där publikens blickar är riktade mot boxningsringen och endast hälften av publiken är vända mot den antagna brandkällan. $t_{varse} + t_{beslut \& reaktion}$ sattes som en uniform fördelning 30-45 sekunder för att kompensera för att publiken upptäcker branden något senare än i "The Station Night Club Fire". Vid denna tidpunkt har den antagna branden vuxit till 100-200kW och personer i lokalen borde märka av branden och röken då utrymnet är förhållandevis litet.

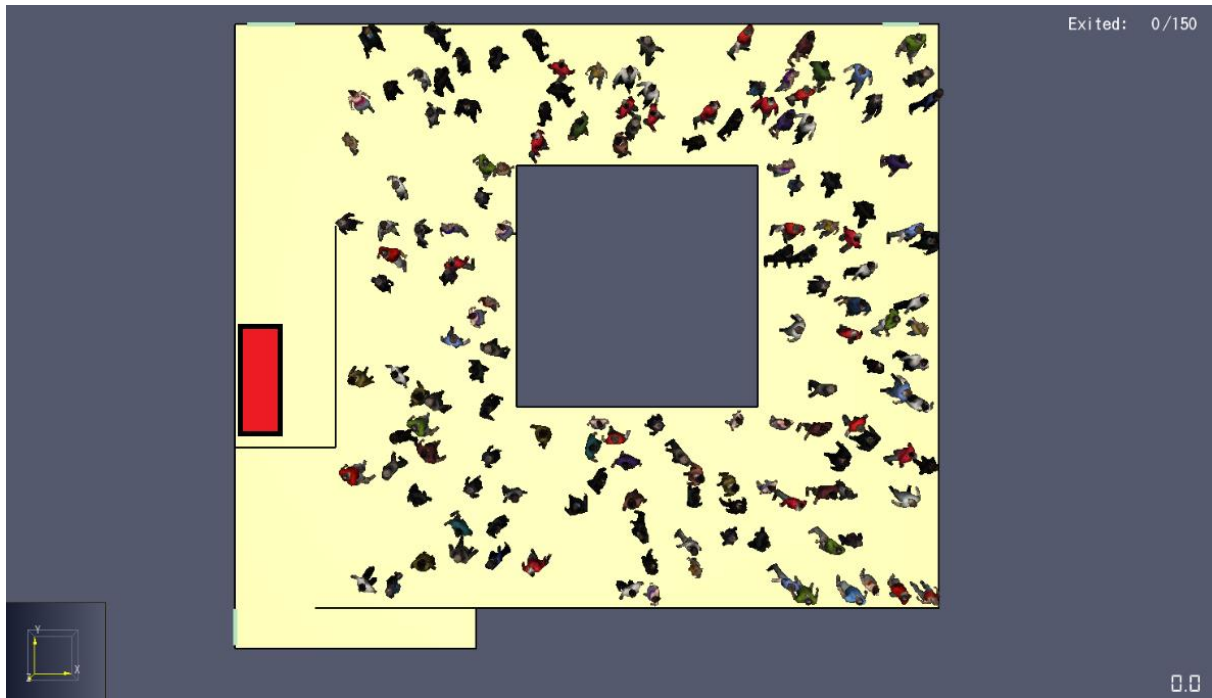
11.2 Resultat av FDS

Resultatet av simuleringen ger en kritisk temperatur på 80 °C vid 120 sekunder, se figur 33 (temperaturbild under FDS-delen vid C-hallarna).

11.3 Resultat av Pathfinder

Nedan presenteras resultaten från Pathfinder-simuleringarna vid boxningslokalen.

I figur 36 befinner sig 150 personer i lokalen, brandens placering är markerad i rött.



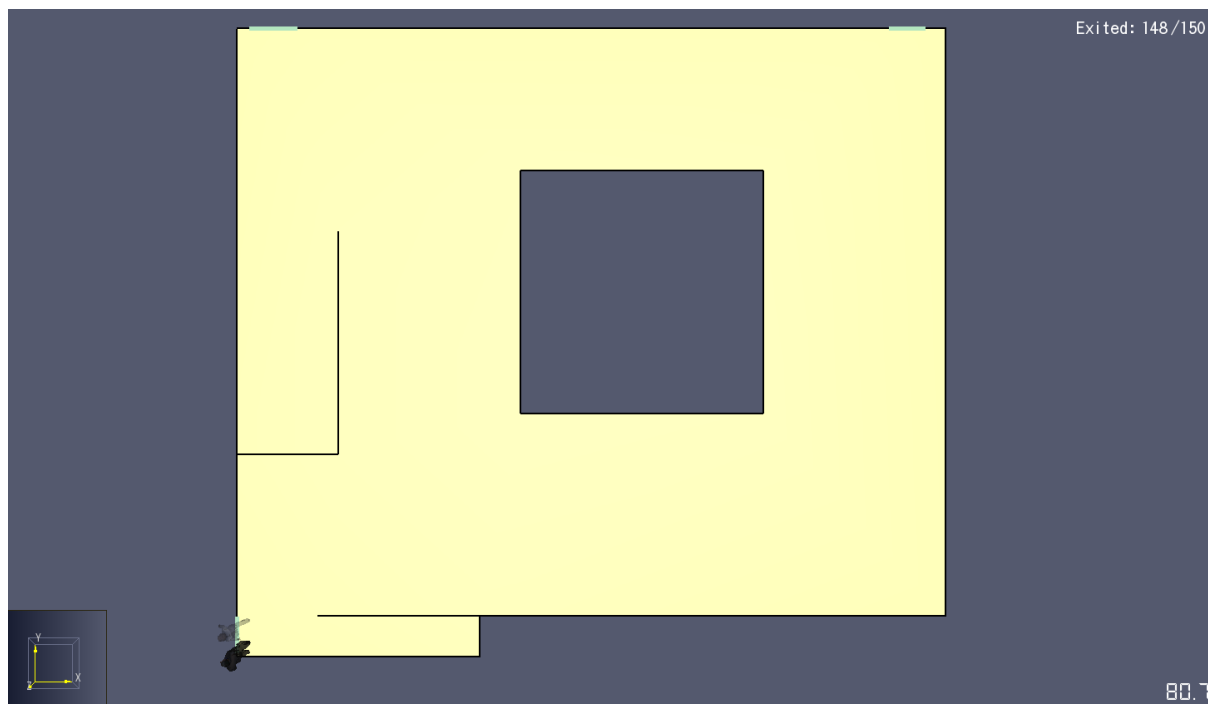
Figur 36. Boxningslokalen vid 0 sekunder för 150 personer.

Efter 50 sekunder har 53 personer utrymt lokalen enligt figur 37.



Figur 37. Boxningslokalen vid 50 sekunder för 150 personer.

Efter ca 80 sekunder har alla personer i lokalen utrymt, se figur 38.



Figur 38. Boxningslokalen vid 80 sekunder för 150 personer.

En simulering gjordes också med en dörr blockerad, detta resulterade i en total utrymningstid på 110 sekunder.

11.4 Sammanvägning av resultat

Nedan jämförs resultaten över FDS- och Pathfindersimuleringarna.

I tabell 14 redovisas differensen mellan kritiska förhållanden och utrymningstiden. En positiv differens ger en säker utrymning och en negativ ger en osäker utrymning.

Tabell 14. Differens mellan kritiska förhållanden och utrymningstiden för boxningslokalen.

	Tid till kritiska förhållanden [s]	Utrymningstid [s]	Differens mellan kritiska förhållanden och utrymningstid [s]
Alla dörrar tillgängliga	120	81	39
En dörr blockerad	120	110	10

Resultatet från simuleringarna ger en positiv tidsdifferens vilket indikerar att säker utrymning är möjlig.

12 Diskussion och slutsatser av resultat

I detta kapitel förs diskussioner kring slutsatser och resultat. Det ska poängteras att beräkningar av Q^* skett efter påpekanden. Det har då visat sig att värdet för Q^* inte är optimalt. Hur detta påverkar simuleringsresultaten är osäkert.

12.1 A-hallen

Resultaten från simuleringarna för FDS och Pathfinder visade att människorna i lokalen inte skulle hinna ut med tanke på de kritiska förhållandena för sikt. Den enda parameter som uppnår kritiska förhållanden förutom sikt är temperatur i fallet vid scenbranden, enligt figur 17 på sidan 30 (sista bilden för 300 personer scenbrand). De uppnås dock först när samtliga personer hunnit utrymma lokalen. Andra parametrar än sikt utgör alltså ingen fara för människorna i lokalen. Det skulle därför kunna argumenteras för att människorna i lokalen inte kommer komma till fysisk skada och så länge folk är i kö till utrymningsvägarna så kommer de inte vara beroende av sikten utan kan istället följa strömmen av människor och hitta utgången oavsett siktförhållandena. Stressat beteende i kön kan inte helt uteslutas men temperaturer är så låga i lokalen att det inte anses troligt.

Vidare så har en stor del av data från simuleringsprogrammen behövt tolkas och parametrar har behövt förändras vid simuleringarna. Störst del tolkning av data har gjorts vid Pathfinder-simuleringarna av A-hallen där gruppen har behövt avgöra när folk har lämnat läktargången. Det har vid flera tillfällen setts att personerna i simuleringen inte valt den uppenbara utvägen utan istället valt en utgång som inte skulle ha valts i verkligheten. Vidare uppstår vissa fel i modelleringen där ett flertal människor fastnar och går in i varandra. Det leder till att utrymningen inte optimeras och det anses troligt att människor inte kommer bete sig på det sättet utan utrymning kommer ske på ett smidigare sätt. Det anses därför att det fåtal personer som befinner sig i läktargången under kritiska förhållanden inte kommer att befinna sig där i det verkliga fallet samt att utrymningen hade gått lite fortare.

Givet att människorna i lokalen inte kommer att lida någon skada till följd av förhållandena efter scenbranden annat än dålig sikt så anses det att inga större åtgärder behöver vidtas gällande utrymning vid A-hallen. Däremot så kommer vissa åtgärder behöva vidtas gällande rörelseförhindrade samt allmänna åtgärder för att underlätta utrymning och minska brandbelastning i A-hallen. Dessa åtgärder redovisas i kapitlet 13, Åtgärdsidéer.

Enligt tillsynsprotokollet D.nr. 2013-011113 från 2013-04-12 bedömer räddningstjänsten att det värsta scenariot är en brand i foajén. Bedömningen baseras på antaganden och bekräftades inte av simuleringar av scenbrand i FDS och utrymning via de bakre utgångarna i Pathfinder. Det blir kritiska förhållanden på läktaren inom 190 sekunder vid scenbrand medan utrymning via de bakre läktarnödutgångarna tar runt 400 sekunder. Dock verkar det mindre troligt att en brand i foajén skulle ha lika stor effektutveckling som scenbranden. Det finns helt enkelt inte tillräckligt med bränsle där. Dessutom har läktaren byggts om sedan 2013 och gångarna mellan de fem översta stolsraderna breddats eller i vart fall försetts med ett avskiljande räcke i mitten av gången mellan dem. Den ombyggnaden underlättar flödet av människor mot läktargången. Där har de till sitt förfogande fyra utrymningsdörrar med bredden 2 meter. Nere på spelplanen finns också en nödutgång mot södra fasaden, om än väldigt diskret skyltad. Dörrar mellan spelplanen och foajén är inte brandklassade men om de hålls stängda borde de kunna hindra rökspridning

till A-hallen tillräckligt länge för att kritiska förhållanden inte skulle uppstå under 400 sekunder. Sammantaget är det inte särskilt troligt att en brand i foajén skulle få allvarigare konsekvens än en scenbrand.

12.2 B-hallen

Resultaten från FDS-simuleringen visar tydligt att den stora takhöjden i B-hallen och dess stora volym ger gynnsamma förutsättningar för att en säker utrymning ska vara möjlig. Om branden varit placerad på golvet kan det tänkas att mer luft hade blandats in i brandgaserna och resultatet i en lägre brandgaslagerhöjd och sämre siktförhållanden. Det anses dock inte påverka resultatet nämnvärt. Då kritiska förhållanden aldrig uppnås under simuleringstiden dvs. 15 minuter vid något av termoelementen anses personsäkerheten i B-hallen vara tillfredsställande. Simuleringstiden var avsevärt längre än utrymningstiden för C-hallarna, som simulerats i ett tidigare skede i projektet. Då den simulerade utrymningstiden för C-hallarna, med mer komplicerad geometri än B-hallen, var kortare än 15 minuter ansågs inte någon simulering i Pathfinder vara nödvändig. Anmärkningsvärt resultat vid FDS-simuleringen var även tiden till detektion beroende på detektorernas placering. De detektorer som var placerade till vänster i figur 28 detekterade klart snabbast, med undantag av detektor 5 som var placerad i mittenraden närmast branden. Tiden till detektion för detektorerna till vänster i figur 15 varierade från 40 till 70 sekunder. Den längsta tiden till detektion, 140 sekunder, fanns vid detektor 8. Den stora spridningen i detekteringstider förklaras av att taket är sluttande med högsta delen till vänster i figur 15. För att erhålla den snabbaste detektionstiden ska därför rökdetektorer vara placerade just i den högsta delen av lokalen dit brandgaserna tar sig först.

12.3 C-hallarna

C-hallarna kännetecknas av förhållandevis låg takhöjd. Kriterier för säker utrymning enligt BBRAD tillåter att brandgaslagrets temperatur maximalt får vara 80 °C vid höjden 1,8 meter för det givna utrymnet. Den låga takhöjden gör att temperaturen i lokalen stiger väldigt snabbt vid utveckling av brand. Utifrån den gjorda simuleringen tar det endast 115 sekunder innan kritiska förhållanden indikeras vid termoelementet placerat närmast branden. Tiden 115 sekunder till kritiska förhållanden kan anses vara något för konservativ då termoelementet är placerat väldigt nära branden och personer som ska utrymma rimligtvis befinner sig närmare utgången snarare än närmast branden. Men även om man vill ge lite mer svängrum och anta att kritiska förhållanden uppnås först när alla termoelement i brandrummet uppvisar kritisk temperatur vid höjden 1,8 meter över golvet så påvisar utrymningssimuleringen att tiden för säker utrymning inte uppfylls.

Den första rökdetektorn som upptäcker branden gör detta först efter 50 sekunder från brandens start. Detta innebär att personer som befinner sig i lokalen endast har 65 sekunder på sig att vakna, ta beslut och sedan ta sig ut ur lokalen till säker plats. Försöket som förberedelseiderna grundar sig på visar att 90 % av försökspersonerna hade börjat utrymma inom 120 sekunder efter larm. Det kan dock argumenteras att personer i c-hallen påbörjar utrymning tidigare då det brinner i samma lokal vilket det inte gjorde under försöket, men det är inget vi kan påvisa vetenskapligt.

Det kan konstateras att då personerna som befinner sig i lokalen antas sova vid brandens inledningsfas blir den tillgängliga tiden för utrymning väldigt knapp vilket syns tydligt i tabell 13

där de gjorda utrymningssimuleringarna överstiger tiden till kritiska förhållanden. En ytterligare försvårande faktor gällande utrymmet är att dörrarna mot omklädningsrummen endast är 77 cm breda vilket kraftigt begränsar dörrarnas kapacitet i utrymningssyfte. Dock visade simuleringar med ökad dörrbredd ingen skillnad på utrymningstid. Detta visar att för det givna scenariot är dörrbredden inte begränsande för utrymningen utan utrymningstiden beror mer på varseblivningstid och förberedelsetid. Slutsatsen som dras ur resultaten och resonemangen ovan är att säker utrymning inte kan garanteras för sovande i C-hallarna på grund av:

- Snabb brandtillväxt i lättantändliga material och låg takhöjd bidrar till större återstrålning mot brandkällan
- Låg takhöjd medför att kritisk höjd på brandgaslager nås snabbt
- Smala utrymningsvägar kan bidra till försvårad utrymning
- Förlängd förberedelsetid på grund av sovande personer i lokalen

12.4 Boxningshallen

Resultatet från simuleringarna vid Boxningshallen visar att kritiska förhållanden skulle uppstå efter att alla människor i lokalen skulle hunnit utrymma lokalen. Till och med om en utrymningsväg skulle vara blockerad så kan säker utrymning genomföras innan kritiska förhållanden nås. En viktig parameter som påverkar resultatet stort är $t_{varse} + t_{beslut \& reaktion}$, det kan argumenteras att den antagna tiden för detta är något snäv, dock anses den vara fullt rimlig. Även om $t_{varse} + t_{beslut \& reaktion}$ skulle vara längre än 30-45 sekunder så är den ansatta tiden till kritiska förhållanden väldigt konservativ och säker utrymning hade kunnat genomföras ändå.

13 Åtgärdsidéer

Nedan följer åtgärdsidéer som blev resultatet av observationer och simuleringar.

13.1 Brand i A-hallen

- Brandcellsindelningen är oklar då Cadsafe anser att det är en brandcell mellan foajé och A-hallen medan räddningstjänsten inte kan styrka detta i tillsynsprotokoll år 2013, detta ska åtgärdas.
- Brandvakter/vårdare ska finnas närvarande vid större evenemang för att underlätta utrymning genom att dirigera personer i lokalen till närmsta utgång.
- Frångänglighet ska förbättras för funktionshindrade genom att installera en utrymningshiss vid A-hallens östra del.
- På dörren som leder vid spiraltrappan i byggnadens västra del bör handtaget bytas då det i dagsläget försvårar utrymningen. Nödöppnaren bör dras nedåt och inte åt sidan.
- MDM-skivor i taket vid läktargången är ett gammalt innertak som inte är nödvändigt utan bara onödig brandbelastning. Det rekommenderas att dessa tas bort.
- Eftersom läktargångarna rökfyllets och försvårar sikten innan samtliga utrymt kan en åtgärd vara att anskaffa tydliga pilar i golvet som pekar mot närmsta nödutgång.

13.2 Brand i B-hallen

- En stor springa i en dörr mellan omklädningsrum och B-hall bör åtgärdas då den potentiellt skulle kunna leda till onödig brandgasspridning.
- Målen står lite illa till då det försvårar utrymningen, se figur 39 och 40. Detta skulle kunna åtgärdas med förflyttningsbara mål.



Figur 39. Bild på det första målet som kan försvåra utrymningen.



Figur 40. Bild på det andra målet som kan försvåra utrymningen.

- Ska finnas rökdetektorer, finns förmodligen redan men dokumentation saknas.
- Ett talat meddelande eller ett dylikt larm som lättare skulle alarmera sovande personer hade varit bra, bör installeras.

13.3 Brand i C-hallarna

- Skivorna som täcker speglarna är av brännbart material, om speglarna ska täckas bör de täckas med ett icke brännbart material.
- Ena dörren i C-hallarna är bara 77 cm bred och denna bör breddas.
- Ingen övernattning får ske i C-hallarna. Ett alternativ vore att installera ett sprinklersystem. Detta är dock ett tveksamt förslag ur ekonomisk synpunkt.

13.4 Boxningslokalen

- Inga bildäck ska placeras framför utrymningsvägarna, det noterades vid besöket att ett flertal bildäck var illa placerade, se figur 41.



Figur 41. Hinder placerade framför utrymningsväg.

- Det noterades att timer fanns på köksredskapen och det är viktigt att denna åtgärd hålls fast vid då antändning av köksredskapen är den troligaste brandorsaken i boxningslokalen.
- Dörren i figur 37 bör öppnas ut från lokalen istället för in om utrymning huvudsakligen ska ske ut från boxningslokalen.

13.5 Övrigt

- Det befintliga hisschaktet i byggnaden är inte brandklassat och går igenom flera brandceller, detta ska åtgärdas.
- Bowlinghallen, belamring med väskor och klot kan försvåra utrymningen eller släckning, ska hållas under uppsikt.
- Dörren i ena änden av museet är svår att urskilja som en utrymningsväg vilket leder till marginellt försvårad utrymning, detta bör åtgärdas.
- Skyttelokalen: utrymningslarmet bör kompletteras med blixtljus då hörselskydd används i lokalen.

14 Diskussion

I stort anses Boråshallen ha ett tillräckligt brandskydd gällande personsäkerhet.

De program som använts i rapporten, FDS, Pathfinder och Pyrosim, skildrar inte verkligheten. De resultat som programmen ger bör därför tolkas och det är upp till gruppen att avgöra om resultaten är rimliga. Detta leder till en viss felmarginal då vår grupps samlade kompetens kanske inte uppnår den hos en fullt utbildad brandingenjör samtidigt som programmet skulle kunna ge ett resultat som avviker från verkligheten. Även övriga resultat i rapporten bör resoneras kring hur trovärdiga de är, då de samtliga är framtagna med hjälp av metoder och antaganden grundade på gruppens samlade kompetens.

Vissa parametrar vid Pathfinder-simuleringarna till exempel fördelningen av axelbredden och gånghastigheten på människor har tagits fram med hjälp av givna fakta. Sedan har fördelningen på kvinnor, män och barn antagits. Det är möjligt att dessa antaganden skiljer sig lite från verkligheten men det anses inte göra någon signifikant skillnad på simuleringstiderna.

Det har i alla scenarion gjorts en approximation att det är polyuretan som är det brinnande ämnet. Polyuretan är ett ämne som sotar väldigt mycket vilket leder till att kritiska förhållanden för sikt har uppnåtts i samtliga fall relativt fort. Anledning till att detta ämne valdes var att i samtliga bränder var det brinnande materialet i stort sett plast. Det skulle vara mer likt verkligheten att använda flera olika material men polyuretan har använts av smidighetsskäl och detta ger även ett mer konservativt resultat.

Byggnadens geometrier har modifierats på grund av begränsningar i simuleringprogrammen. Programmen kan bara modellera upp rätblock vilket har lett till att den simulerade geometrin för Boråshallen inte alltid har kunnat representera verkligheten.

En finare mesh i FDS-simuleringarna hade kunnat ge bättre och mer verklighetsnära resultat, men begränsning av tid och datorernas kapacitet har lett till att dessa simuleringar ej har genomförts. Vidare kan det inte fastställas om resultaten från en finare mesh hade gett annorlunda/bättre resultat.

Flera variationer hade kunnat göras för de olika scenarierna för att se hur stor skillnad placering på bränder samt dess effekt och *soot yield* skulle påverka tiden till kritiska förhållanden. Även effektkurvor hade kunnat förändras för att simulera långsammare/snabbare spridning av brand. Simuleringstiden har dock varit begränsad under arbetets gång och därför har dessa simuleringar ej genomförts. Huruvida detta hade gett oss resultat av värde är svårt att svara på, det är troligt att dessa simuleringar i slutändan inte hade gett någon signifikant skillnad utan istället hade gett stöd till de resultat som redan getts.

14.1 Brand i A-hallen

Båda de simulerade bränderna har resulterat i väldigt snabb brandspridning. Det kan resoneras kring att den valda branden, med en ultrafast α t^2 -kurva och en *soot yield*=0.2, kan ha varit lite för hög. Det har gett mer konservativa resultat men resultaten kanske inte skildrar verkligheten perfekt. Om mer tid hade funnits tillgänglig hade ytterligare simuleringar kunnat göras där brandens storlek och utveckling hade kunnat varieras.

Som nämnts tidigare kan inte FDS modellera runda geometrier, detta har lett till att i A-hallen är taket egentligen en välvd båge vilket inte är möjligt att modellera. Istället har taket approximerats till flera rätblock vilket resulterade i ett sicksackmönster som ska efterlikna taket. Detta leder till att rökfyllnaden av lokalen inte kommer att ske på samma vis som det skulle göra i verkligheten.

En åtgärd som vi rekommenderat är att installera en utrymningshiss även i östra delen av byggnaden. Detta för att göra det möjligt för rörelsehindrade att utrymma även i den östra delen av lokalen. Vid händelse av brand kan eventuellt utrymningsvägen till hissen i västra delen av byggnaden blockeras, det är därför rimligt att installera ytterligare ett alternativ så att även rörelsehindrade kan utrymma lokalen istället för att stå och vänta i trapphuset på att räddningstjänst kommer till undsättning. Ett alternativ är att bara tillåta handikapplatser vid plan 1 (spelplan). Dock finns det inte något ledigt utrymme där.

Då båda simuleringarna har visat att kritiska förhållanden uppnås först vid läktargången bör det gamla innertaket bestående av MDF-skivor, som i dagsläget befinner sig i utrymnet ovanför det nya innertaket, tas bort. Det fyller inte någon funktion utan endast kan bidra till ökad brandbelastning om det antänds på grund av brandspridning/varma brandgaser.

Vi har skrivit att en åtgärd vid större evenemang är att brandvakter skulle finnas på plats. Tanken är att de ska underlätta vid eventuell utrymning samt se till att inga utrymningsvägar blockeras. Denna lösning skulle sannolikt förkorta förberedelse- samt utrymningstid då en mer samlad och organiserad utrymning med tydliga direktiv är effektivare än en oorganiserad utrymning där personer mest tenderar att följa strömmen vilket inte alltid är det bästa. Denna åtgärd är dock svår att räkna på och verifiera med siffror på förkortad utrymningstid, det anses ändå som en rimlig lösning grundad på logiska resonemang.

I ritningarna framgår det att A-hallen är en egen brandcell. Dock poängterar räddningstjänsten i tillsynsprotokoll D.nr. 2013-001113 från 2013-04-12, bilaga D, att de inte styrker att det är en brandcellsgräns mellan A-hall och entrén. Studenterna anser att det ska finnas en brandcellsvägg mellan entrén och A-hallen då det i händelse av brand i entrén inte ska spridas vare sig brand eller brandgaser till A-hallen. Det är även positivt i utrymningssyfte att brandcell mellan nämnda lokaler existerar då utrymning till säker plats från A-hallen då sker redan i entrén istället för utanför entrén.

14.2 Brand i B-hallen

Brandscenariot kan alltid designas annorlunda, olika antaganden kan göras för vad sovsäckar och packning innehåller och det finns olika källor på hur materialen brinner, hur mycket rök de avger, vad röken innehåller och så vidare. Listan kan göras lång.

Rökfyllnaden i simuleringen i FDS är inte helt representativ, då taket inte kan göras diagonalt i simuleringsprogrammet utan mer liknar en trappa.

Det går att argumentera för att det hade krävts en egen utrymningssimulering för B-hallen. Ur ett redovisningsperspektiv skulle det kunna vara snyggt, men gruppen anser inte att det tillför något då en jämförelse gjorts med C-hallarna och eftersom C-hallarna ansågs vara ett värre scenario än B-hallen på grund av takhöjd, volym, m.m. betraktas det som en hållbar jämförelse.

14.3 Brand i C-hallarna

Utformningen av lokalen (låg takhöjd) gör att det egentligen inte spelar någon större roll vad som brinner där – utrymnet blir rökfyllt väldigt snabbt i jämförelse med både A-hallen och B-hallen. Placering av branden påverkar i ingen nämnvärd grad aktiveringstiden för rökdetektorer då dessa är placerade symmetriskt, se figur 32 samt tabell 13. Utrymning skulle givetvis försvåras av brand som blockerar en av utgångarna vilket det tagits hänsyn till i simuleringarna. Osäkerheten gällande flera antaganden, exempelvis tid till aktivering av rökdetektorer, förberedelsetid innan utrymning, sikt i lokalen under brand med mera är stor. Det går att argumentera att tid, tills kritiska förhållanden uppstår, blir väsentligt kortare i en riktig brand än i simuleringarna. Det går också att argumentera att kritiska förhållanden bara är riktvärden för säker utrymning. De går faktiskt att utrymma vid under en kortare period. Sammanfattningsvis kan det sägas att C-hallarna inte ska användas som övernattningslokal när det finns lämpligare lokaler (till exempel B-hallen) i byggnaden.

14.4 Boxningshallen

Låg takhöjd och rumsvolym gör att boxningshallen kan jämföras med C-hallarna med avseende på en eventuell brand. Brandgaser skulle fylla rummet väldigt snabbt. Utrymningen borde kunna utföras relativt snabbt med tanke på att det nog vistas vakna, fysiskt vältränade individer med god lokalkännedom i hallen. Det som gör lokalen speciell är egentligen mängden av felplacerade brännbara föremål (däck och andra träningsredskap). Det är en fråga om utbildning och kontinuerlig tillsyn snarare än brandteknisk dimensionering för att lokalen ska anses som säker.

15 Slutsats

Slutsatsen som dras ur rapporten är att personsäkerheten i Boråshallen är över lag god. Dock finns det brister på några punkter som ska eller bör åtgärdas för att erhålla en fullt godtagbar och ändamålsenlig personsäkerhet. Även om kritiska förhållanden uppnås i A-hallen föreligger ingen fara för de utrymmande.

Åtgärder som ska vidtas

- Brandcellsindelningen ska upprätthållas genom att se över konstruktionen av hissen/hisschaktet.
- Frångängligheten i A-hallen ska förbättras för rörelsehindrade genom att installera en utrymningshiss vid A-hallens östra del.
- Brandcellsindelning mellan entré och A-hall ska finnas.
- Möjligheter till övernattning i C-hallarna ska tas bort helt.
- Utrymningsvägar i boxningslokalen ska hållas fria.

Åtgärder som bör vidtas

- Brandvakter eller värdar bör finnas närvarande vid större evenemang för en effektivare utrymning.
- Det gamla innertaket i A-hallen bör tas bort.
- Handtaget på nödutgången vid spiraltrappan bör bytas.
- Fluorescerande golvmarkeringar i läktargångarna bör införskaffas.
- Dörr mellan B-hall och omklädningsrum bör tätas för att motverka brandgasspridning.
- Dokumentation över rökdetektorer i B-hall bör upprättas.
- Brännbart täckmaterial över speglarna i C-hallarna bör bytas ut mot icke brännbart material.
- Dörren i C-hallarna bör breddas.
- Dörren i boxningslokalen bör öppnas ut från lokalen.
- Blixtljus bör installeras i skyttelokalen.
- Utrymningsvägen i museet bör förtydligas.

Över lag är personsäkerheten vid utrymning av Boråshallens god. Nivån kan dock höjas ytterligare om föreslagna åtgärder utförs.

16 Referenser

Albrecht, C., "Quantifying life safety: Part I: Scenario-based quantification", *Fire Safety Journal*, vol. 64, s. 87-94. 2014.

Aktiva system (VBR082) – Projektuppgift. *Info till studenterna*, Lund 2015-10-26. Luvit.

Boråshallen. *Utbildningsplan. 2007-01-04*.

Boverkets byggregler. 5:321 BBR 22. 2015.

Boverkets författningssamling. *BFS 2013:12 BBRAD 3. 2013*.

Drysdale, D. *An Introduction to Fire Dynamics*, 2nd edition. Chichester : John Wiley & sons, 1998.

Hagiwara, Ichiro och Nakano, Mina. "Experimental Study on Starting time of Evacuation in Sleeping Condition" *AOFSST 4*, s. 263-274, 2000.

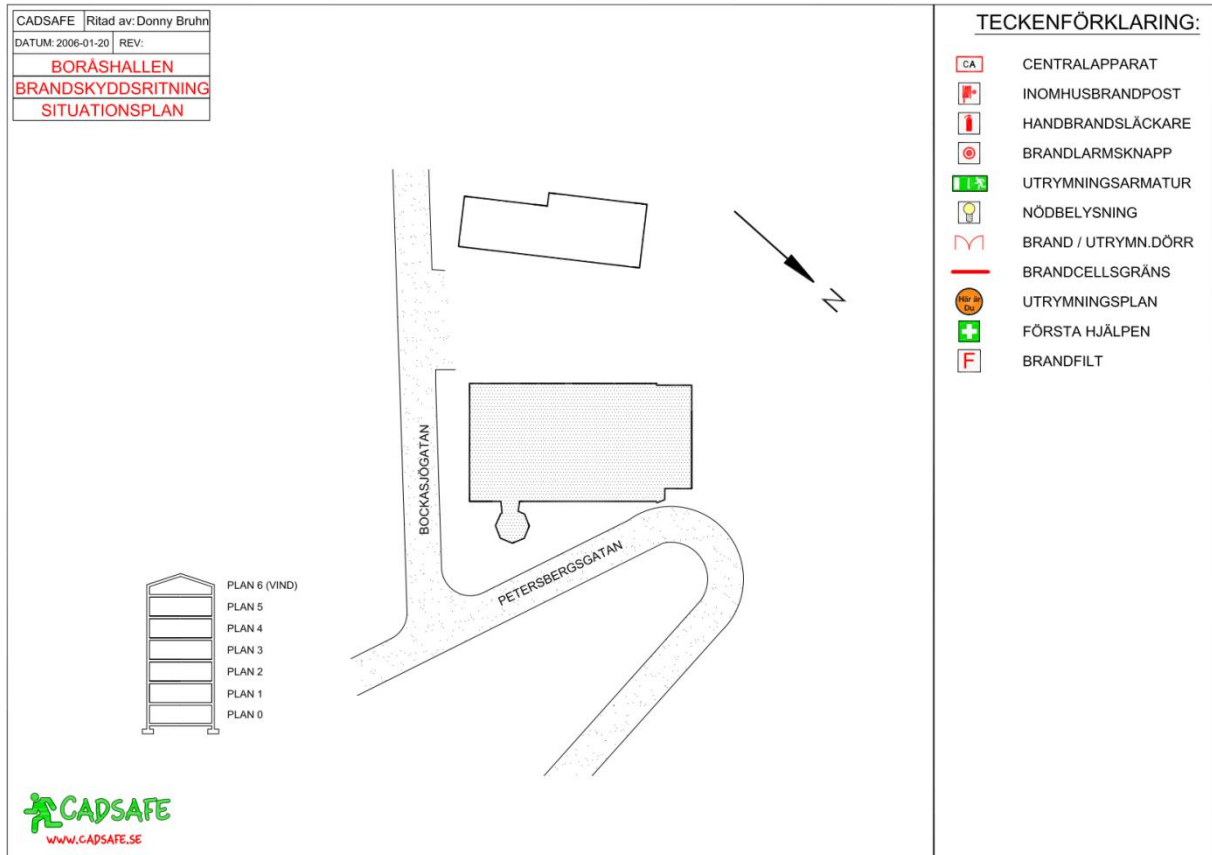
Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. *Indikatorer, Data och analys, (IDA)*
<http://ida.msb.se/>. 2016-03-07

National Fire Protection Association. *Fire Dynamics Simulator User's Guide*. Sixth Edition 2013.

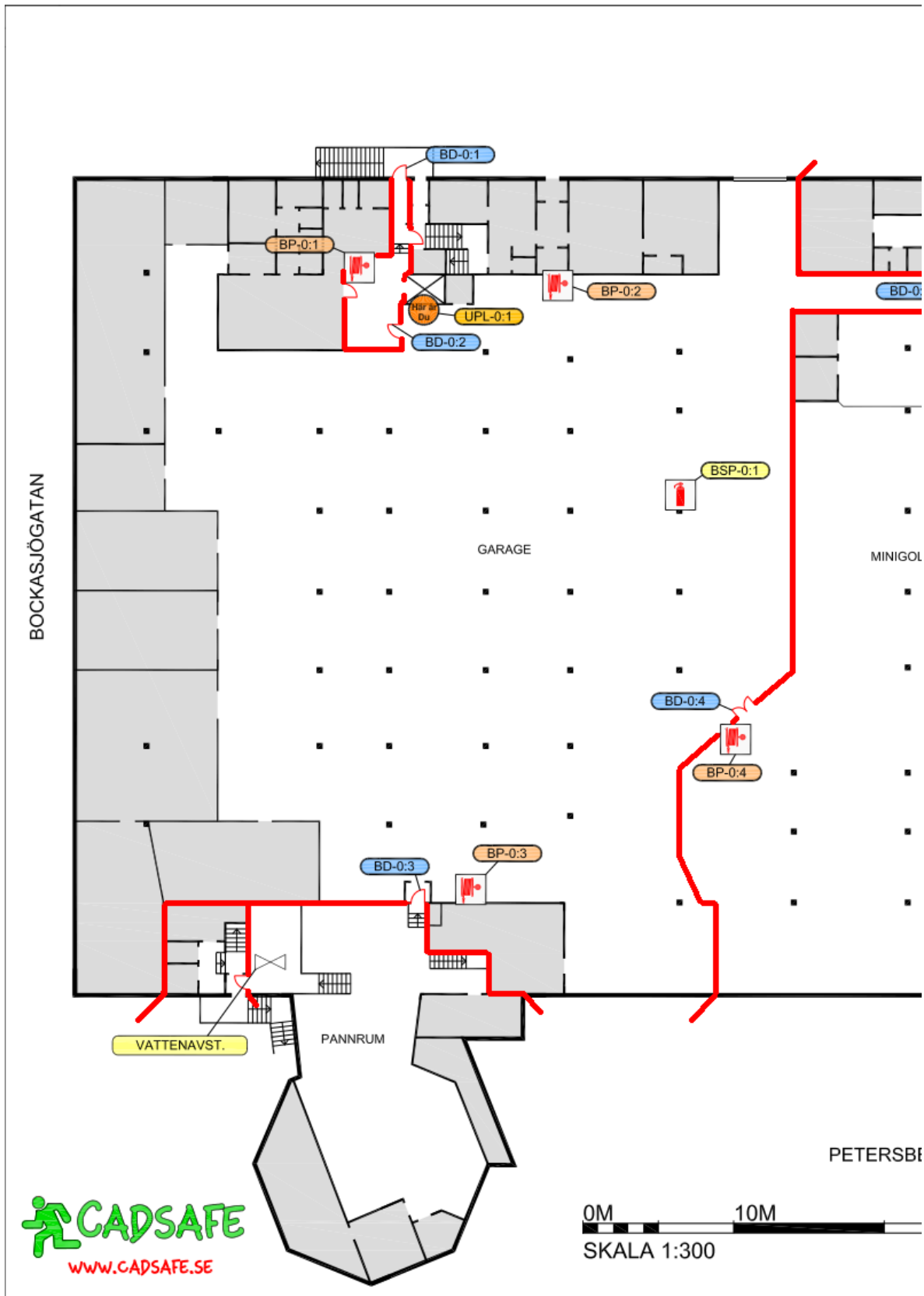
"Swedish Anthropometrics For Product And Workplace Design". *Sciencedirect.com*. N.p., 2016. Web. 13 May 2016.

"The Station Night Club Fire". *YouTube*. N.p., 2016. Web. 2016-04-12.

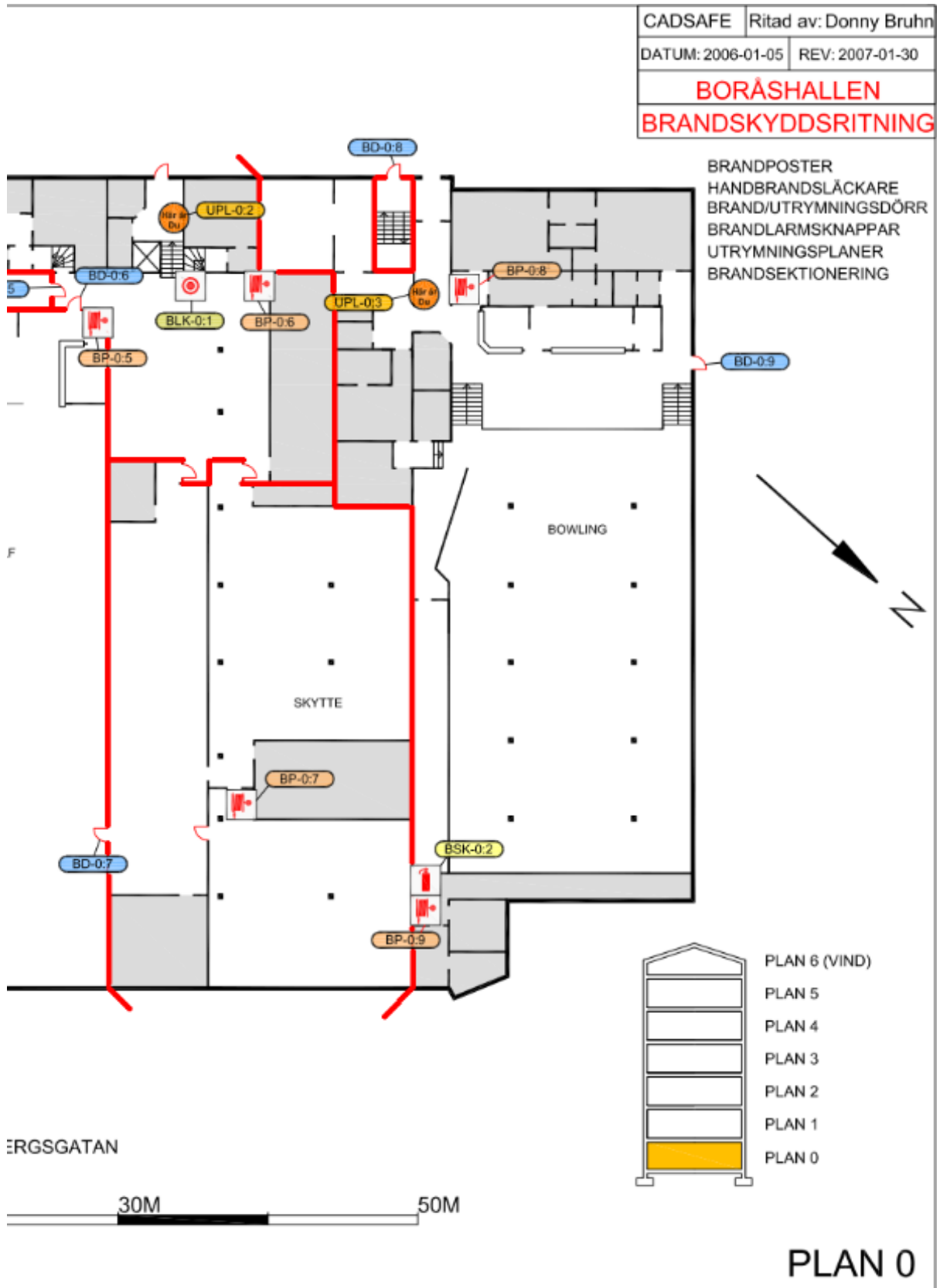
17 Bilaga A Brandcellsindelning

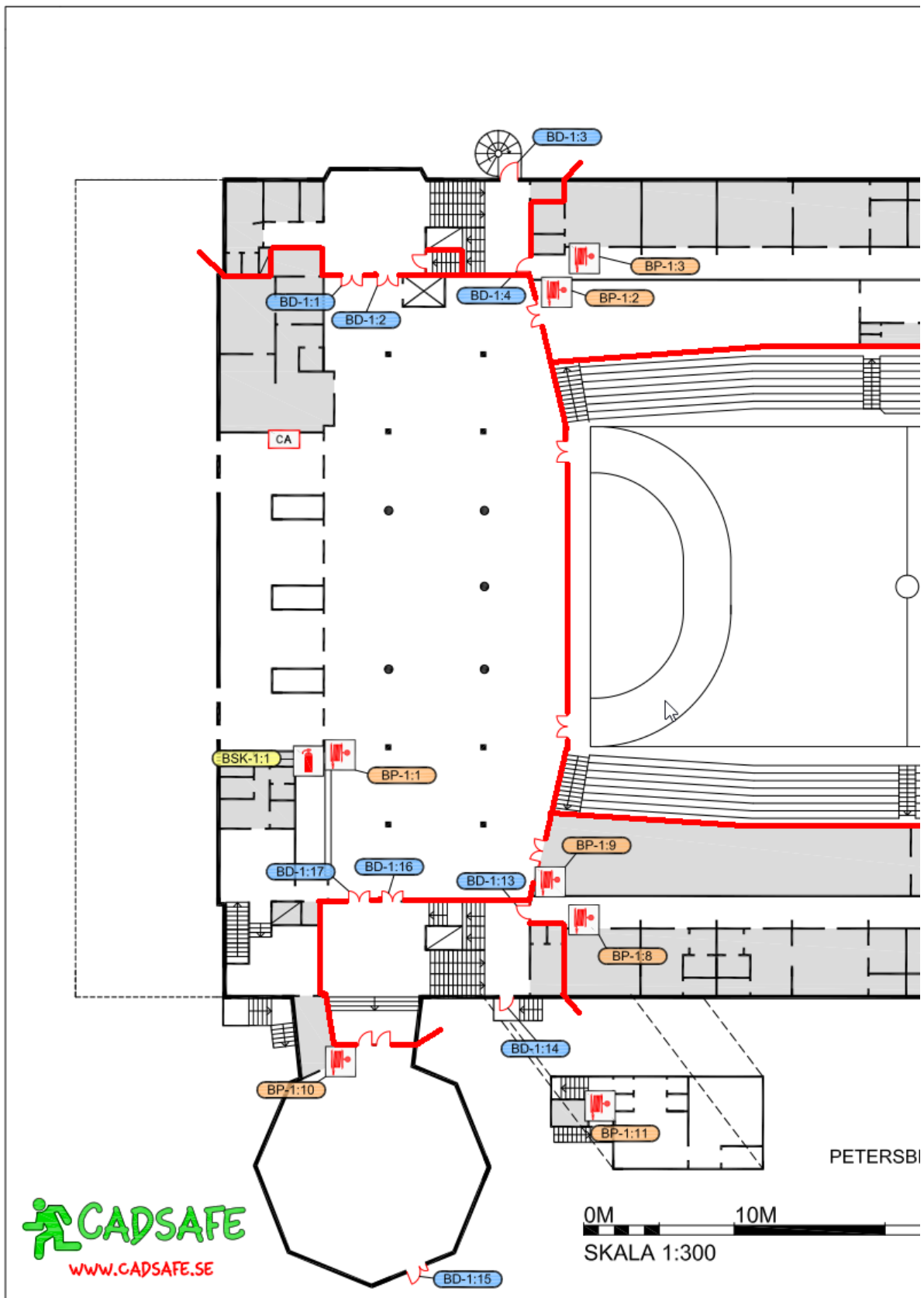


Figur 41. Översiktsritning av byggnaden.



Figur 42. Brandcellgräns samt placering av handbrandsläckare och brandposter plan 0 (källare) – forts. nästa sida.





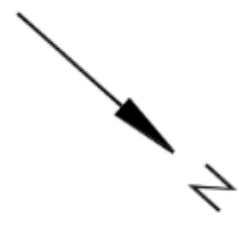
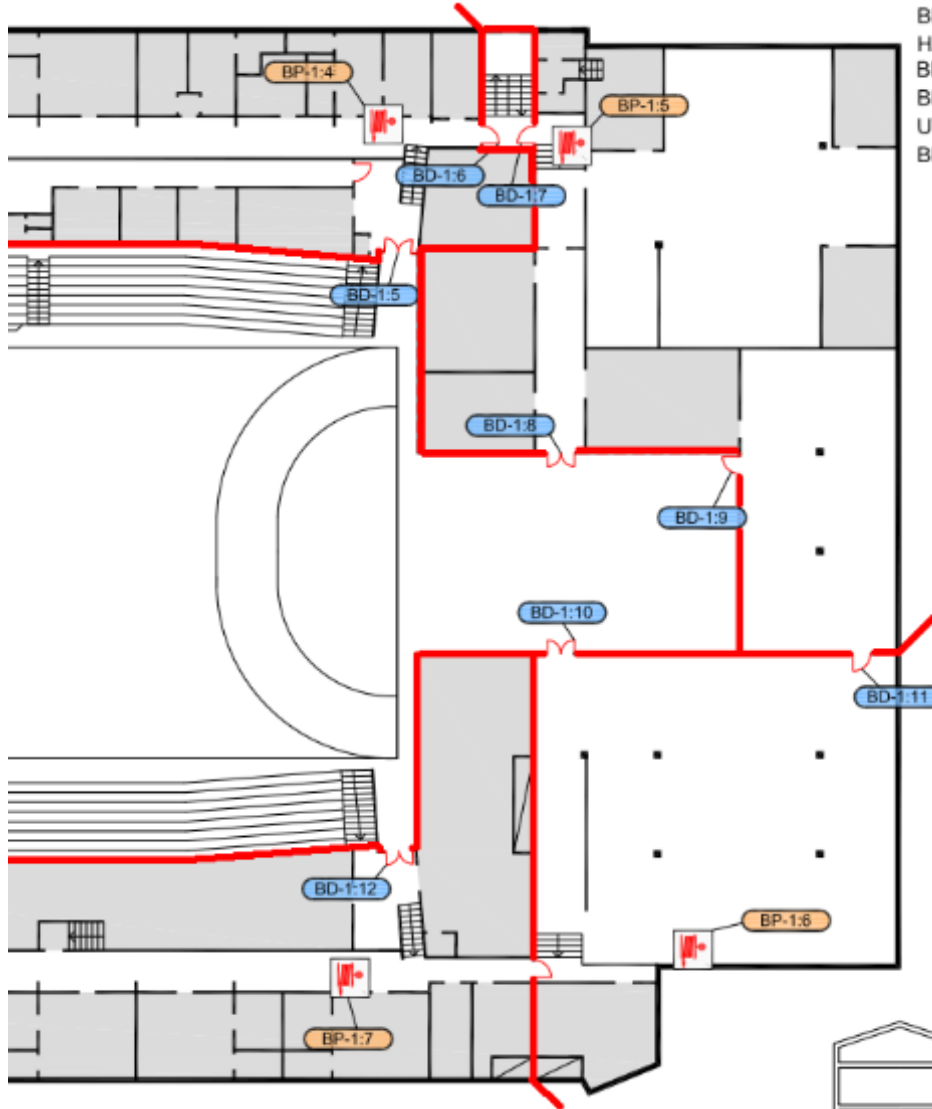
Figur 43. Brandcellgräns samt placering av handbrandsläckare och brandposter plan 1 – forts. nästa sida.

CADSAFE Ritad av: Donny Bruhn

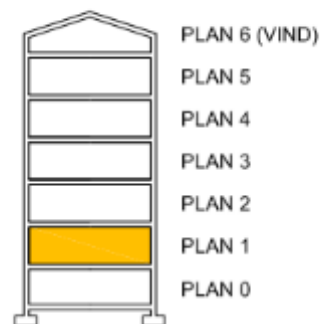
DATUM: 2006-01-05 REV: 2007-11-27

BORÅSHALLEN
BRANDSKYDDSRITNING

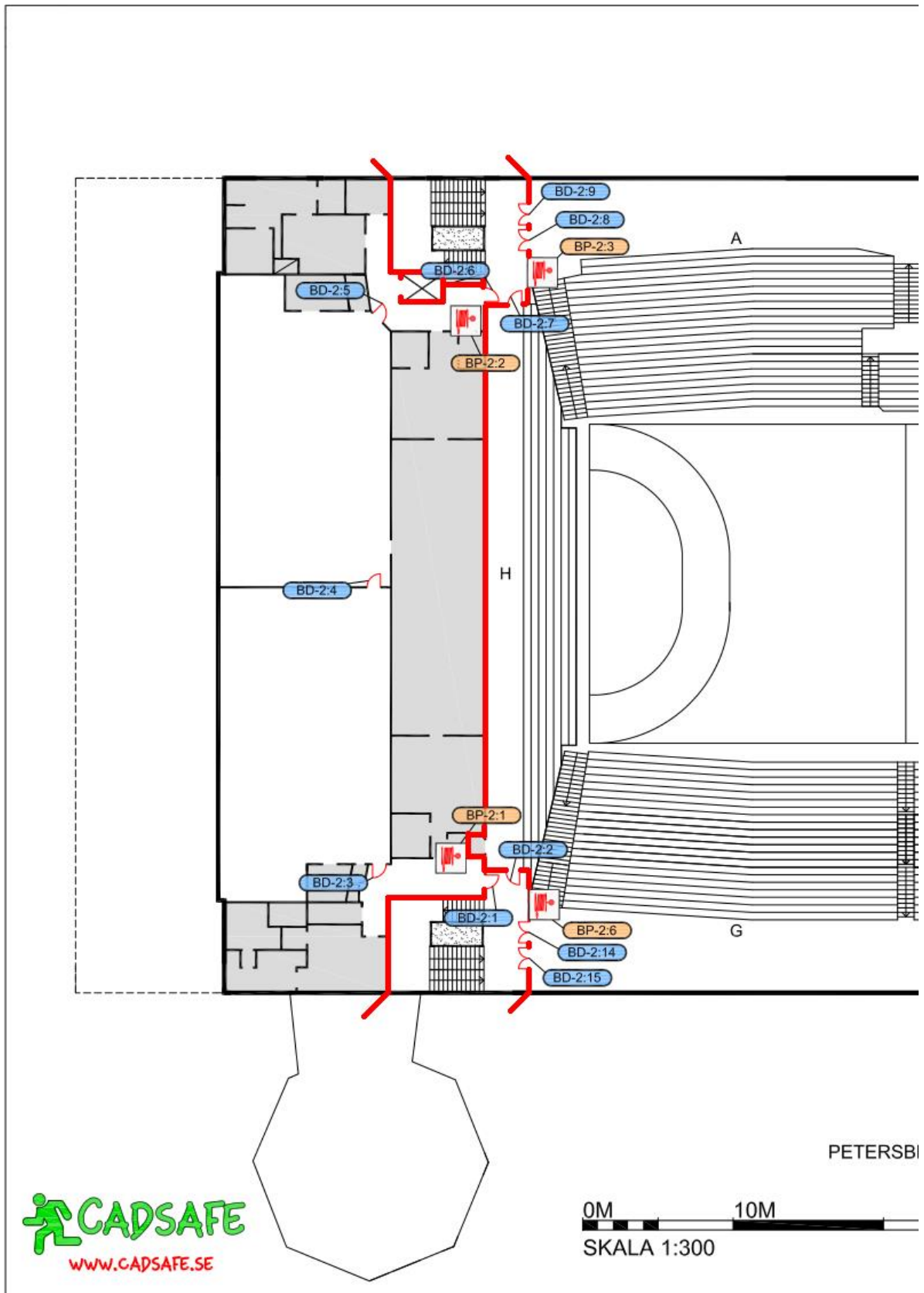
BRANDPOSTER
HANDBRANDSLÄCKARE
BRAND/UTRYMNINGSDÖRR
BRANDLARMSKNAPPAR
UTRYMNINGSPLANER
BRANDSEKTIONERING



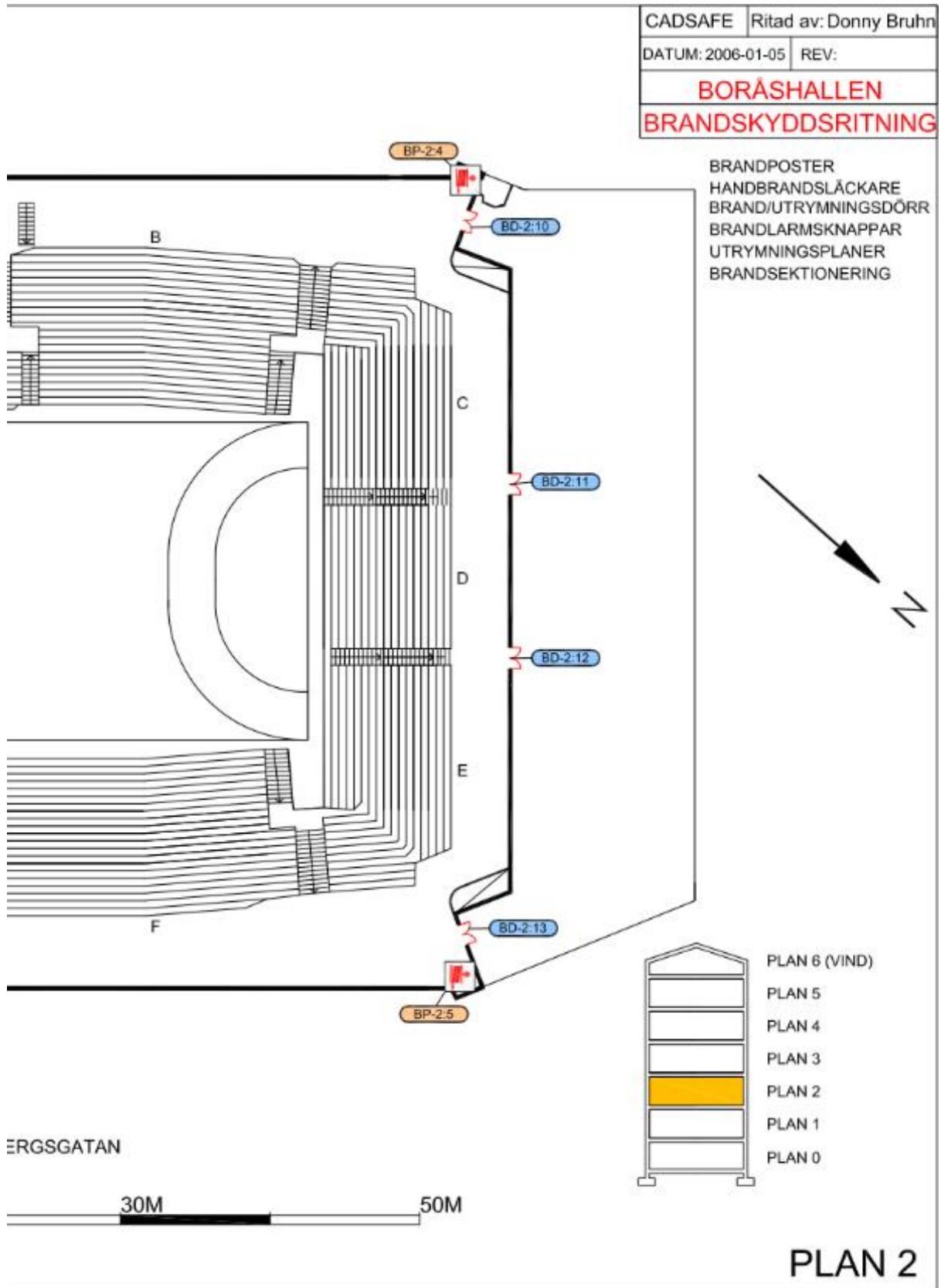
ERGSGATAN

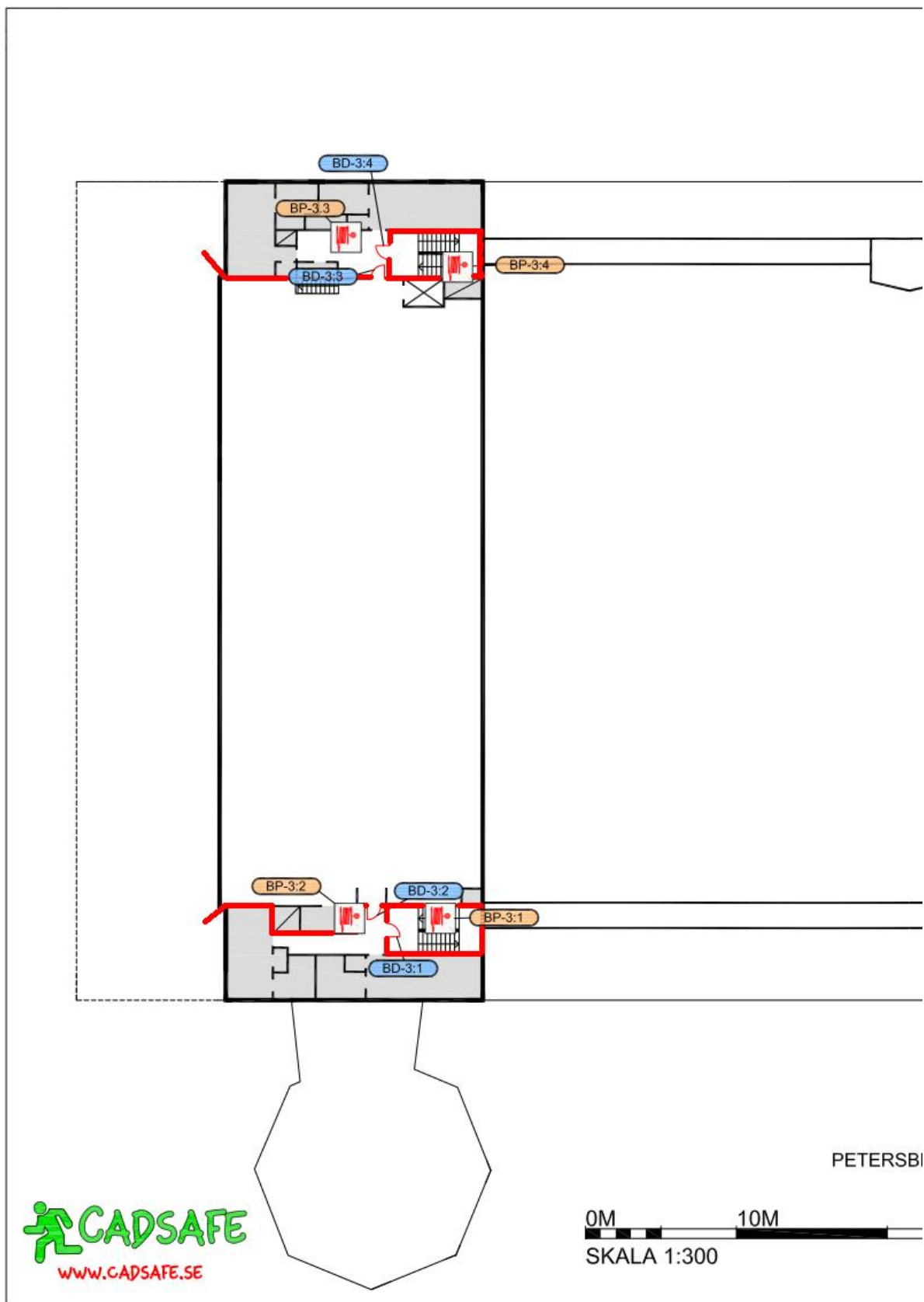


PLAN 1



Figur 44. Brandcellgräns samt placering av handbrandsläckare och brandposter plan 2 – forts. nästa sida.





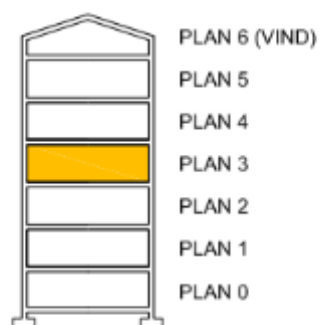
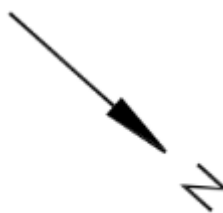
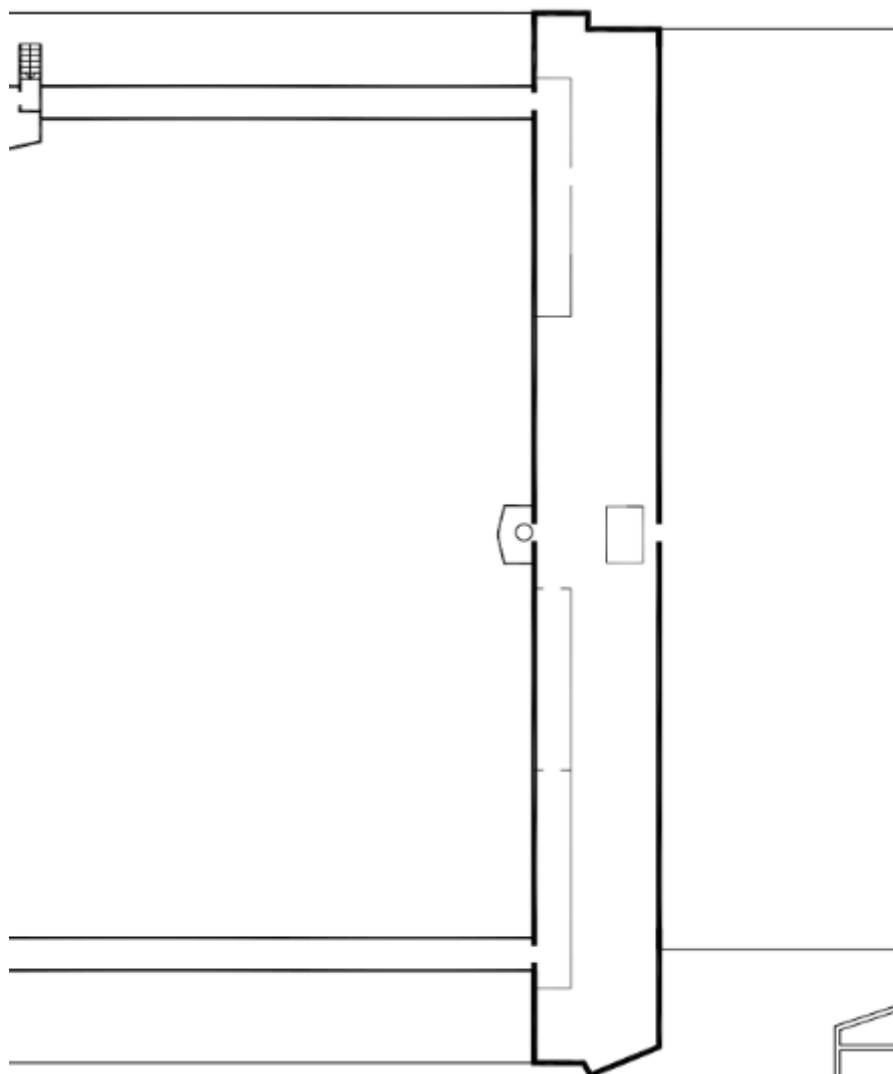
Figur 45. Brandcellgräns samt placering av handbrandsläckare och brandposter plan 3 – forts. nästa sida.

CADSAFE Ritad av: Donny Bruhn

DATUM: 2006-01-05 REV:

BORÅSHALLEN
BRANDSKYDDSRITNING

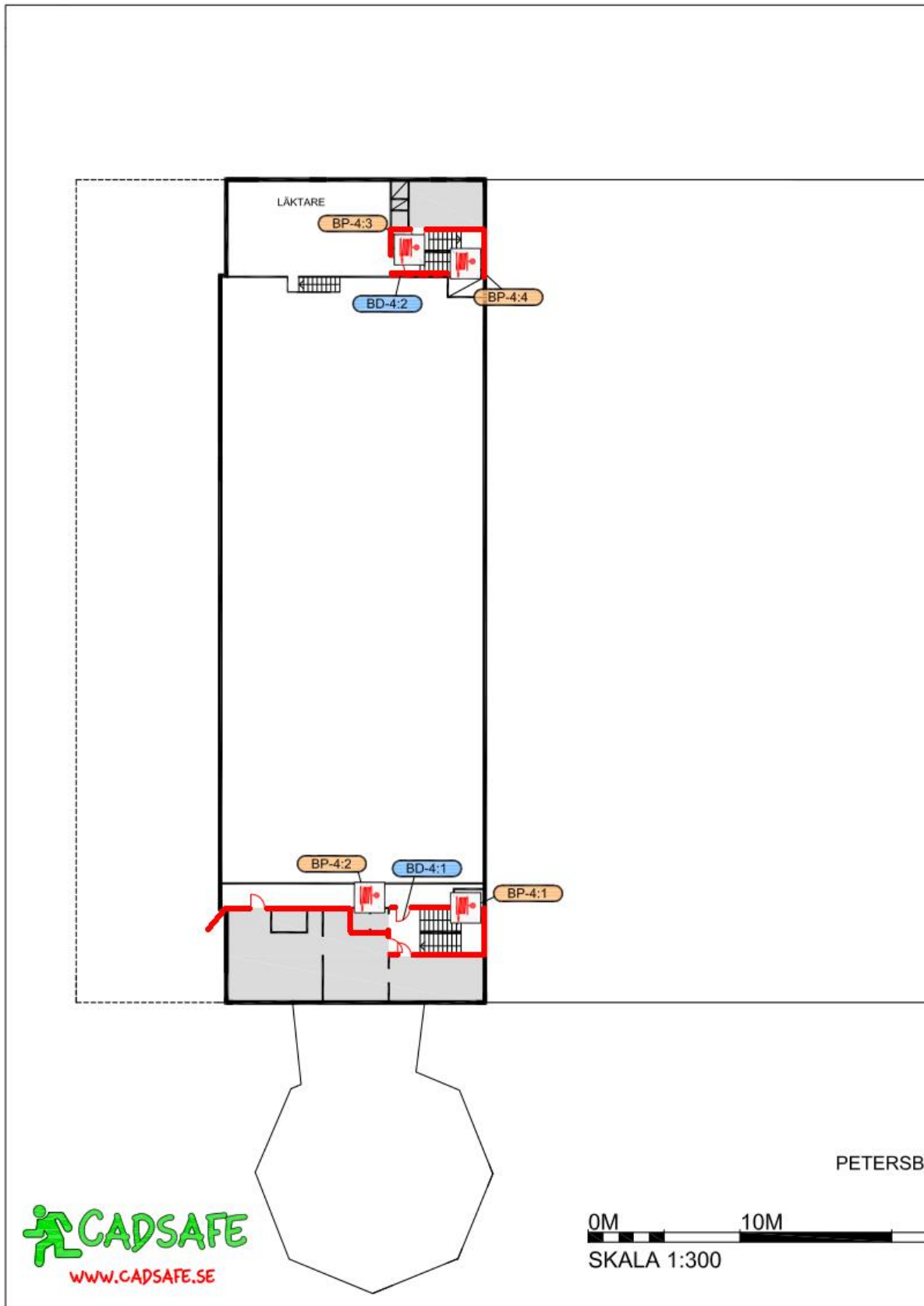
BRANDPOSTER
HANDBRANDSLÄCKARE
BRAND/UTRYMNINGSDÖRR
BRANDLARMSKNAPPAR
UTRYMNINGSPLANER
BRANDSEKTIONERING



ERGSGATAN



PLAN 3



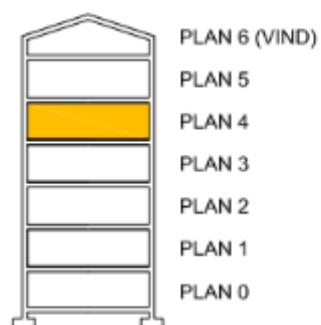
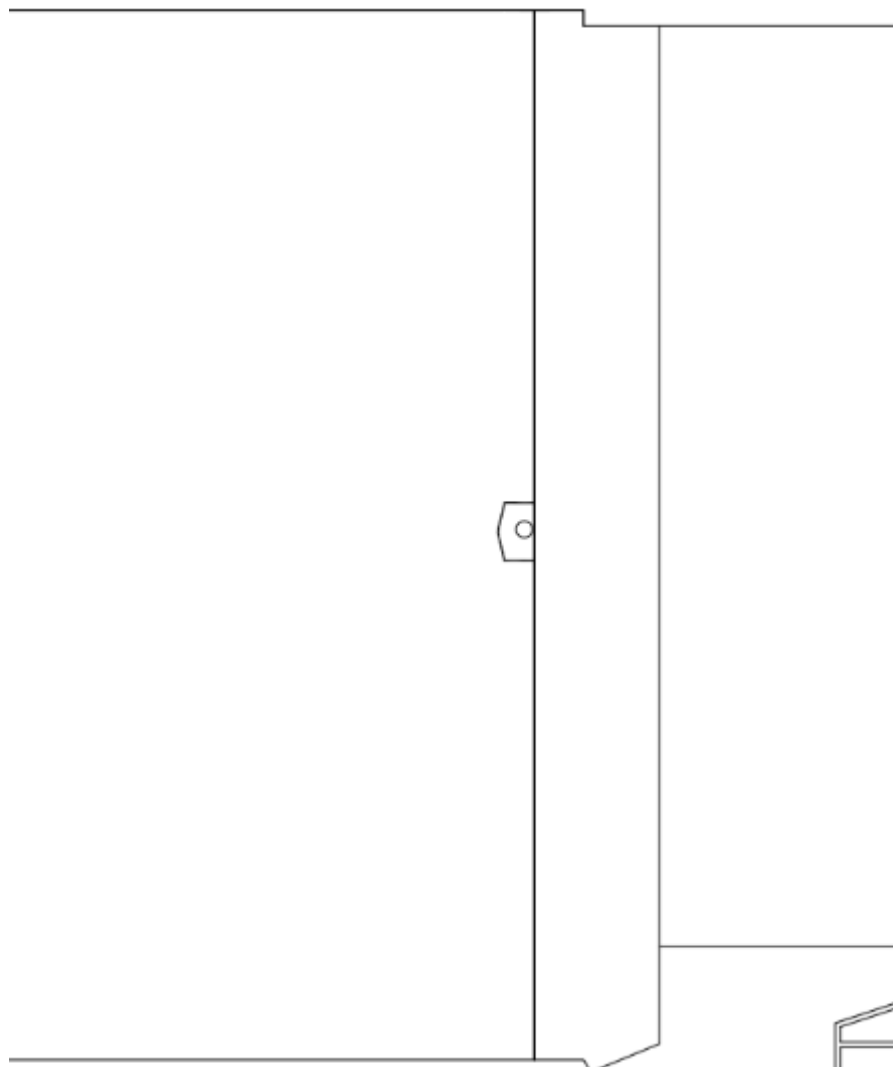
Figur 46. Brandcellgräns samt placering av handbrandsläckare och brandposter plan 4 – forts. nästa sida.

CADSAFE Ritad av: Donny Bruhn

DATUM: 2006-01-05 REV:

BORÅSHALLEN
BRANDSKYDDSRITNING

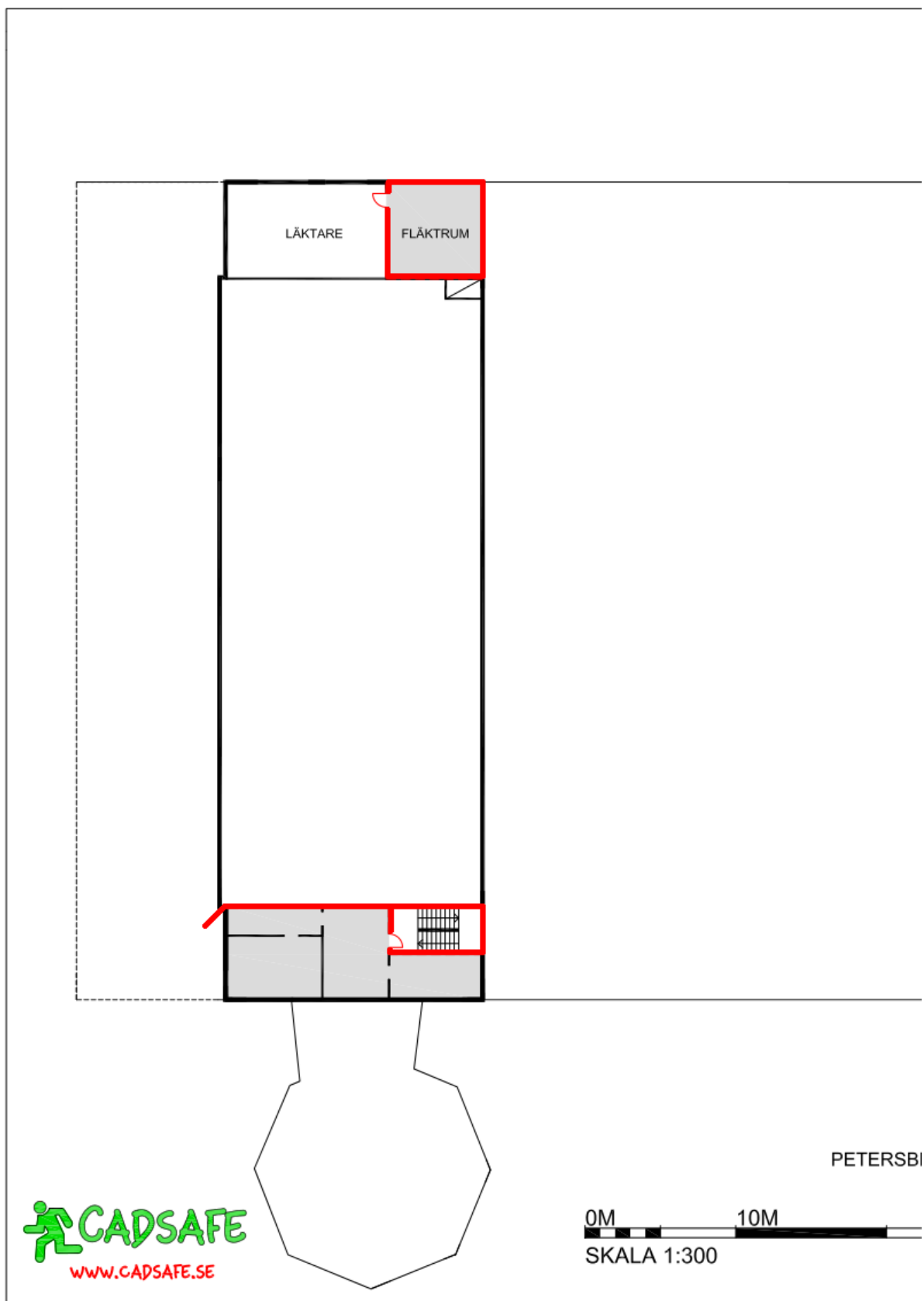
BRANDPOSTER
HANDBRANDSLÄCKARE
BRAND/UTRYMNINGSDÖRR
BRANDLARMSKNAPPAR
UTRYMNINGSPLANER
BRANDSEKTIONERING



ERGSGATAN



PLAN 4



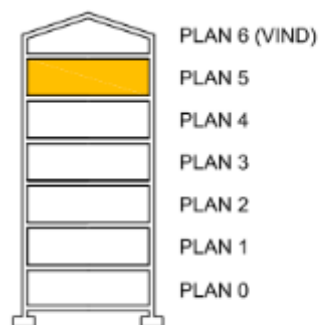
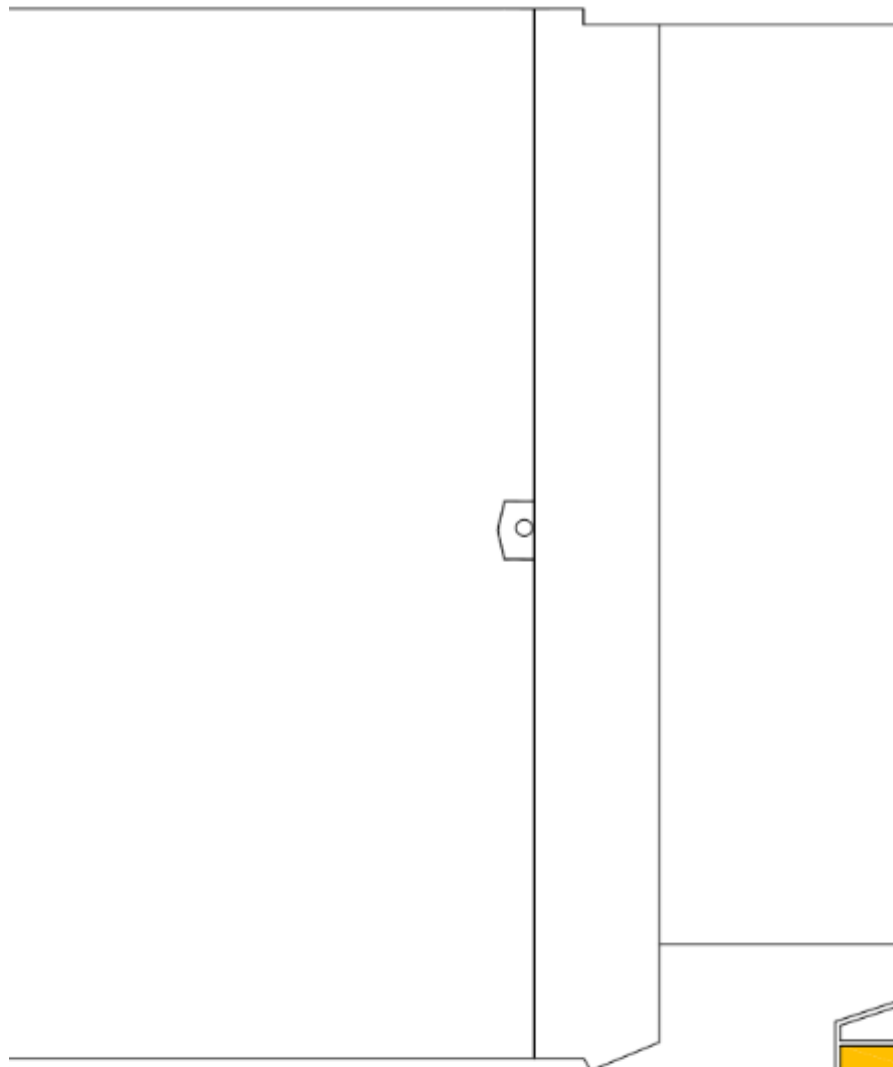
Figur 47. Brandcellgräns samt placering av handbrandsläckare och brandposter plan 5 – forts. nästa sida.

CADSAFE Ritad av: Donny Bruhn

DATUM: 2006-01-05 REV:

BORÅSHALLEN
BRANDSKYDDSRITNING

- BRANDPOSTER
- HANDBRANDSLÄCKARE
- BRAND/UTRYMNINGSDÖRR
- BRANDLARMSKNAPPAR
- UTRYMNINGSPLANER
- BRANDSEKTIONERING
- UTRYMNINGSARMATURER
- NÖDLJUS



ERGSGATAN



PLAN 5

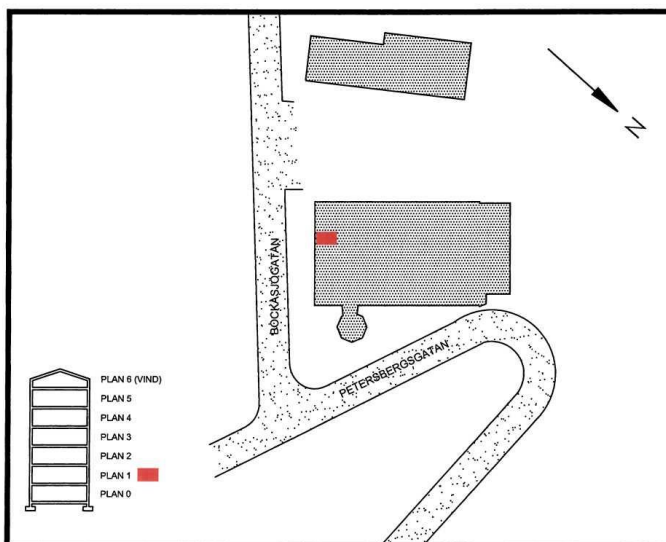
18 Bilaga B Serviceritningar för brandlarm


BORÅSHALLEN

SERVICERITNING

TECKENFÖRKLARING:

-  ANGREPPSVÄG UTIFRÅN
-  CENTRALAPPARAT
-  RÖKDETEKTOR
-  LARMKNAPP
-  VÄRMEDETEKTOR
-  SPRIDNINGSPLINT
-  ADRESSERAD SEKTION
-  DÖRRHÅLLARMAGNET
-  AKTIV ÄNDKRETS
-  AKUSTISKT LARMDON
-  OPTISKT LARMDON

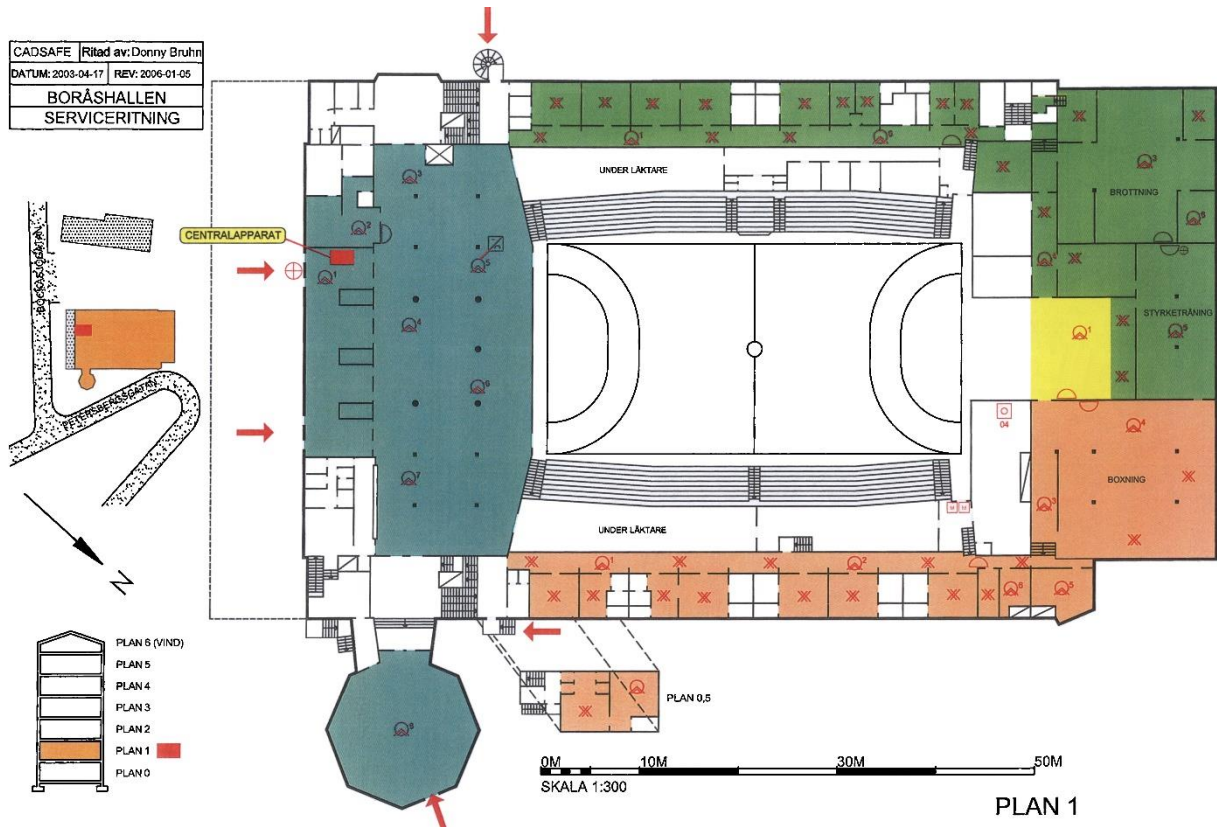


RITFÖRETAG: CADSAFE	 WWW.CADSAFE.SE
RITAD AV: DONNY BRUHNI	
DATUM: 2003-04-15 REV:	
TELE: 0320-65528, 070-6552857	

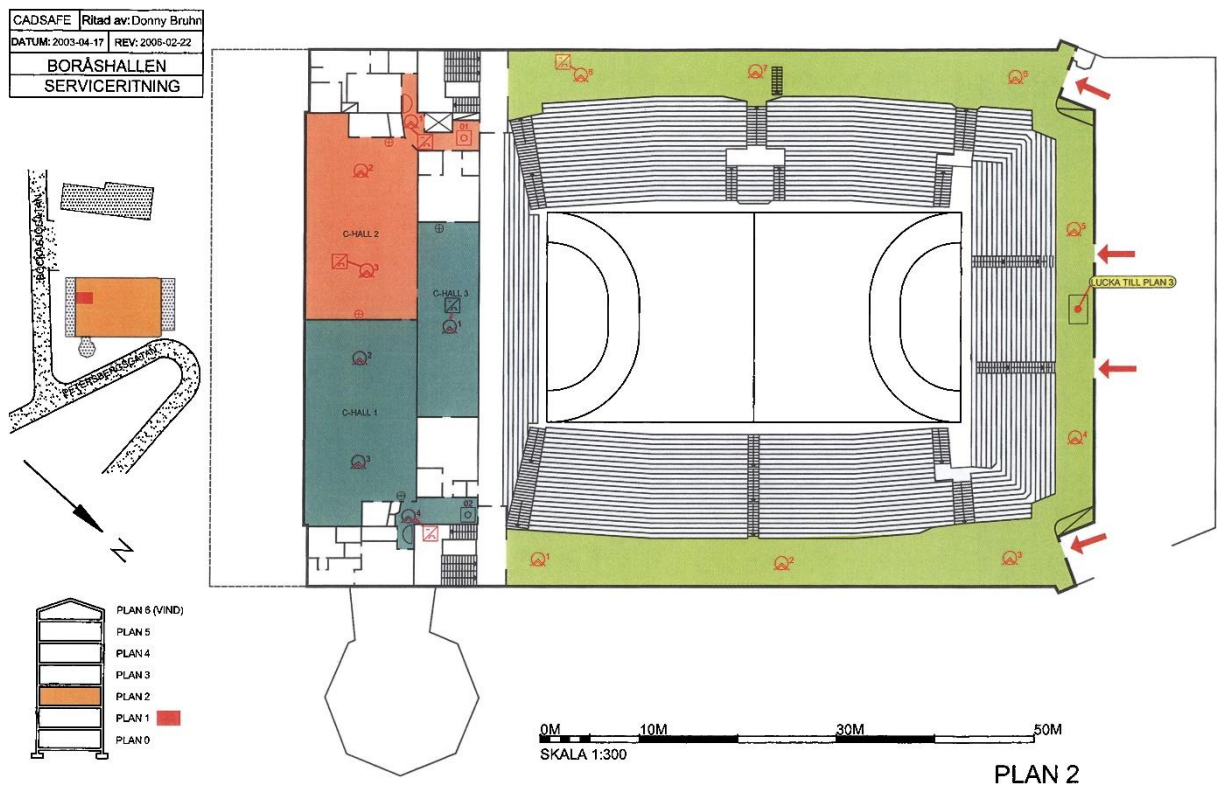
Figur 48. Teckenförklaring serviceritningar för brandlarm.



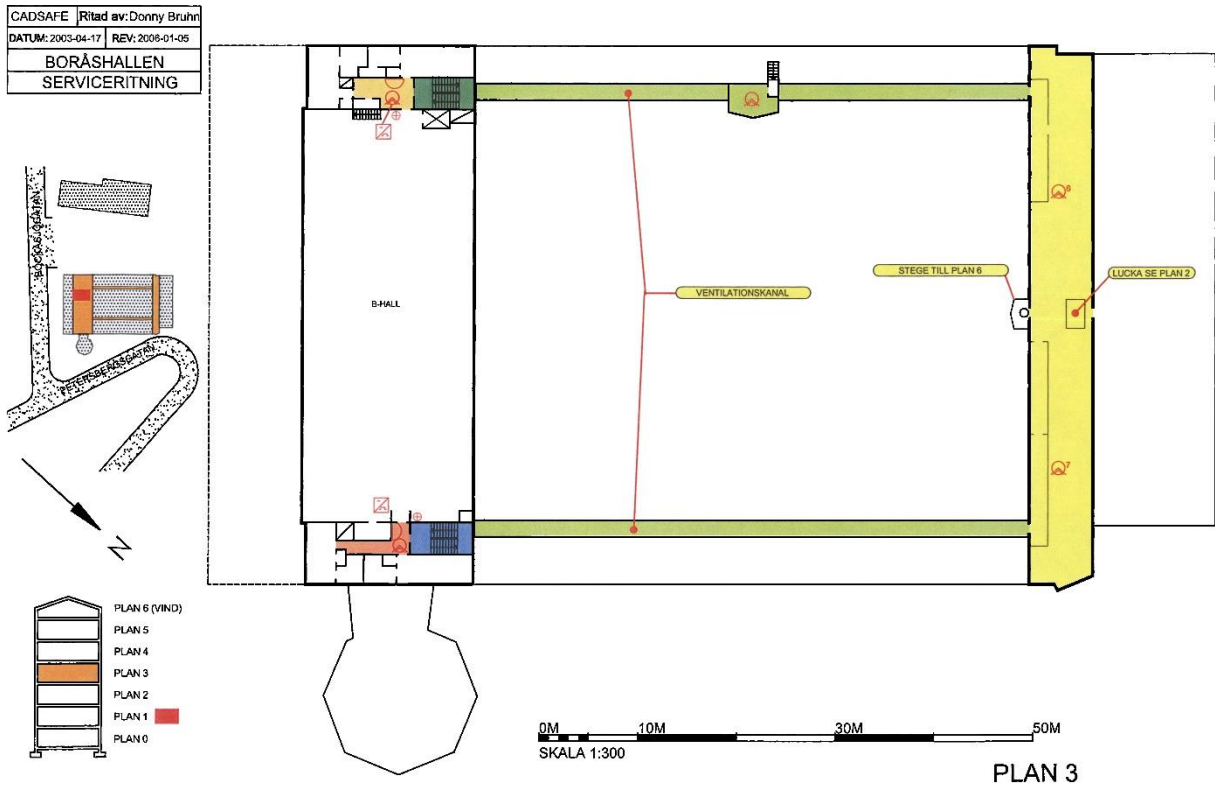
Figur 49. Serviceritning plan 0.



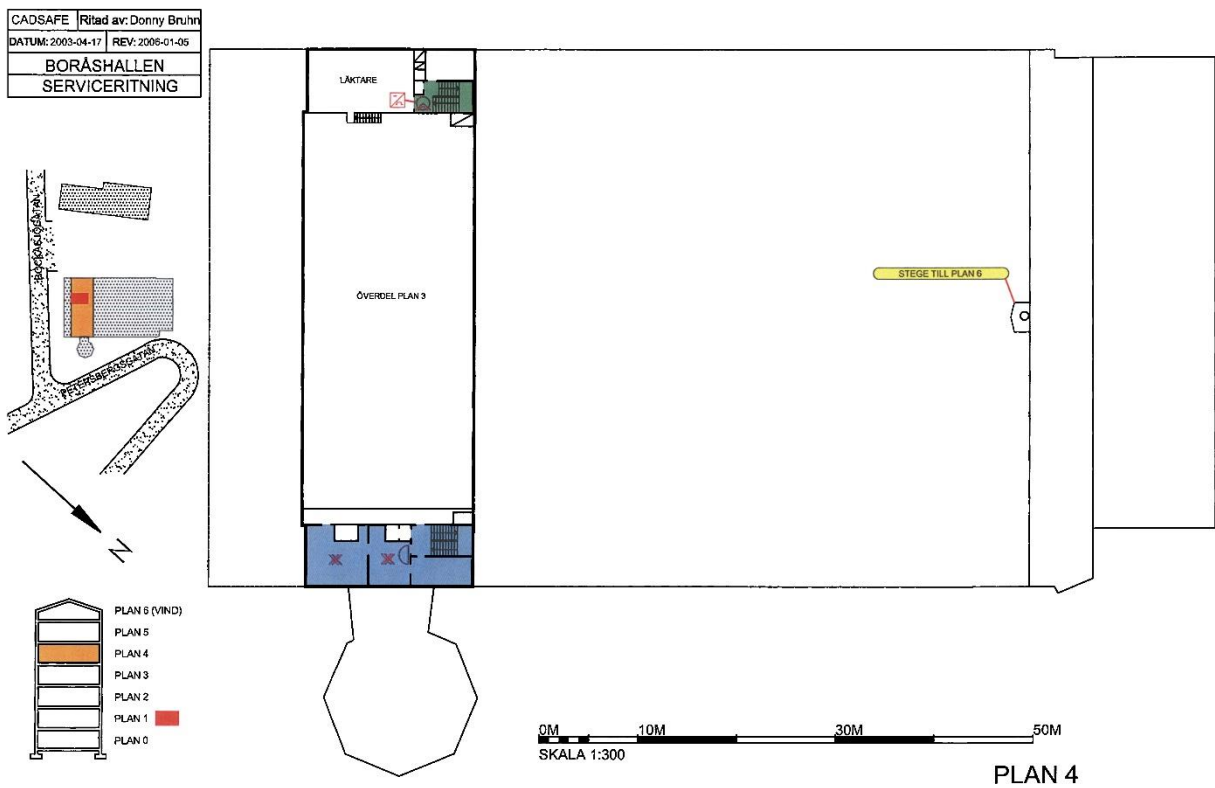
Figur 50. Serviceritning plan 1.



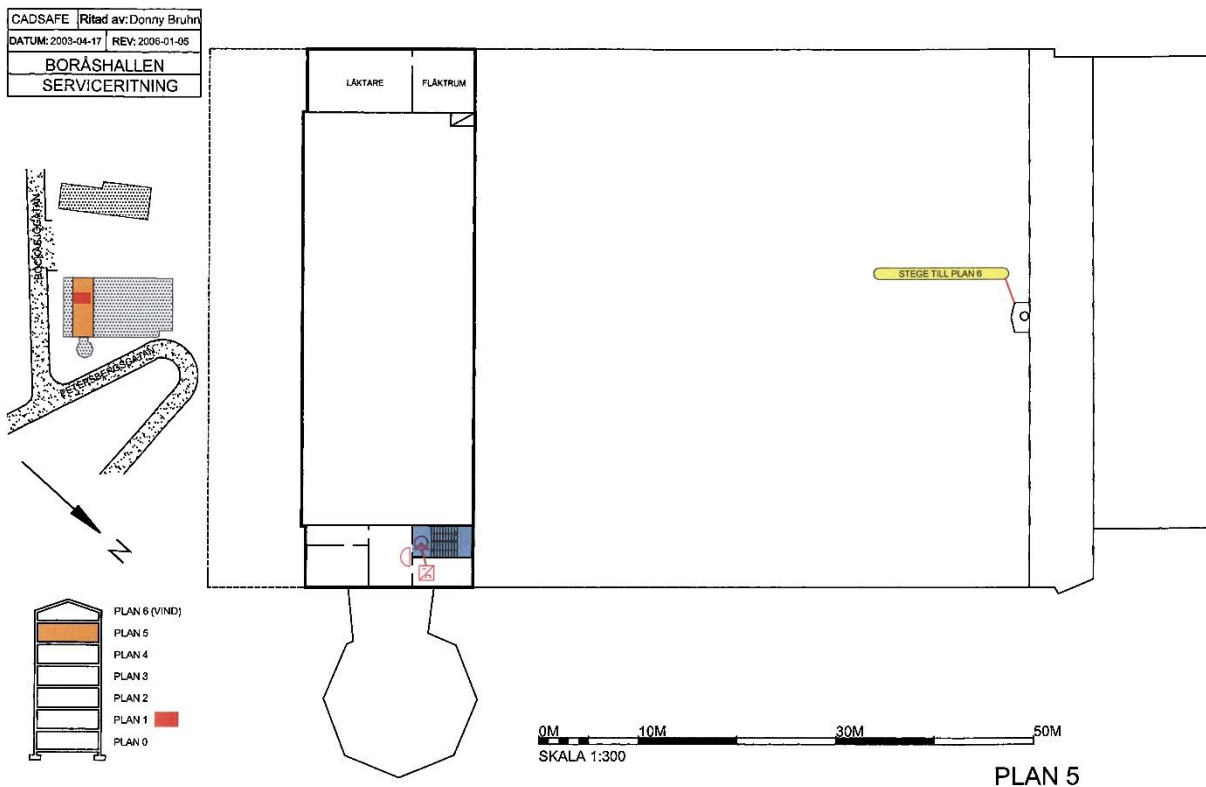
Figur 51. Serviceritning plan 2.



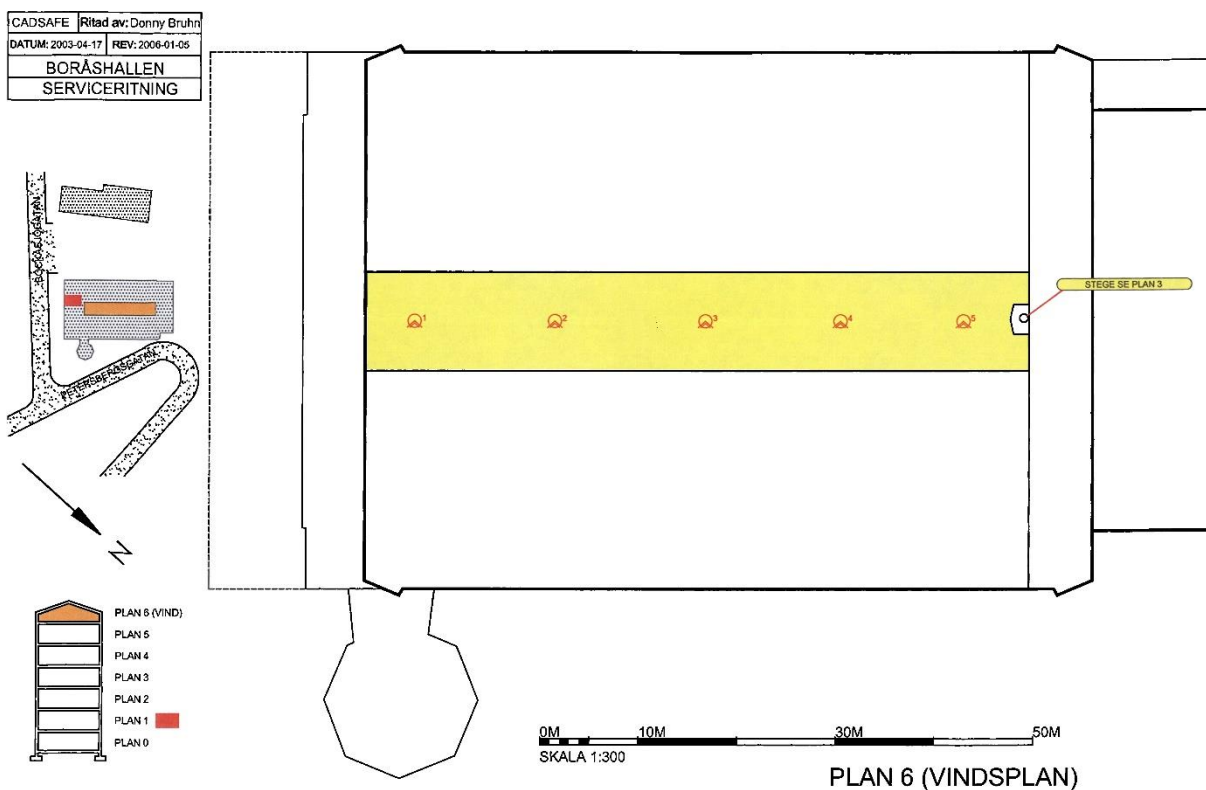
Figur 52. Serviceritning plan 3.



Figur 53. Serviceritning plan 4.



Figur 54. Serviceritning plan 5.



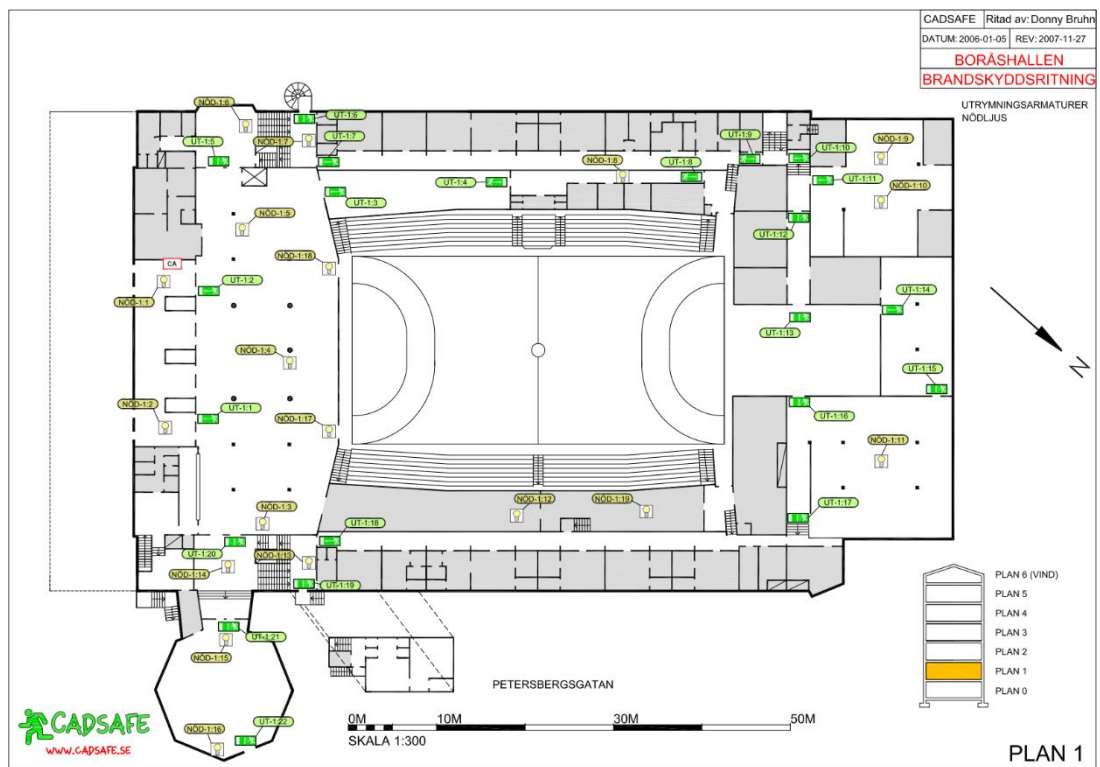
Figur 55. Serviceritning plan 6.

19 Bilaga C Utrymningsskyltning och utrymningsvägar

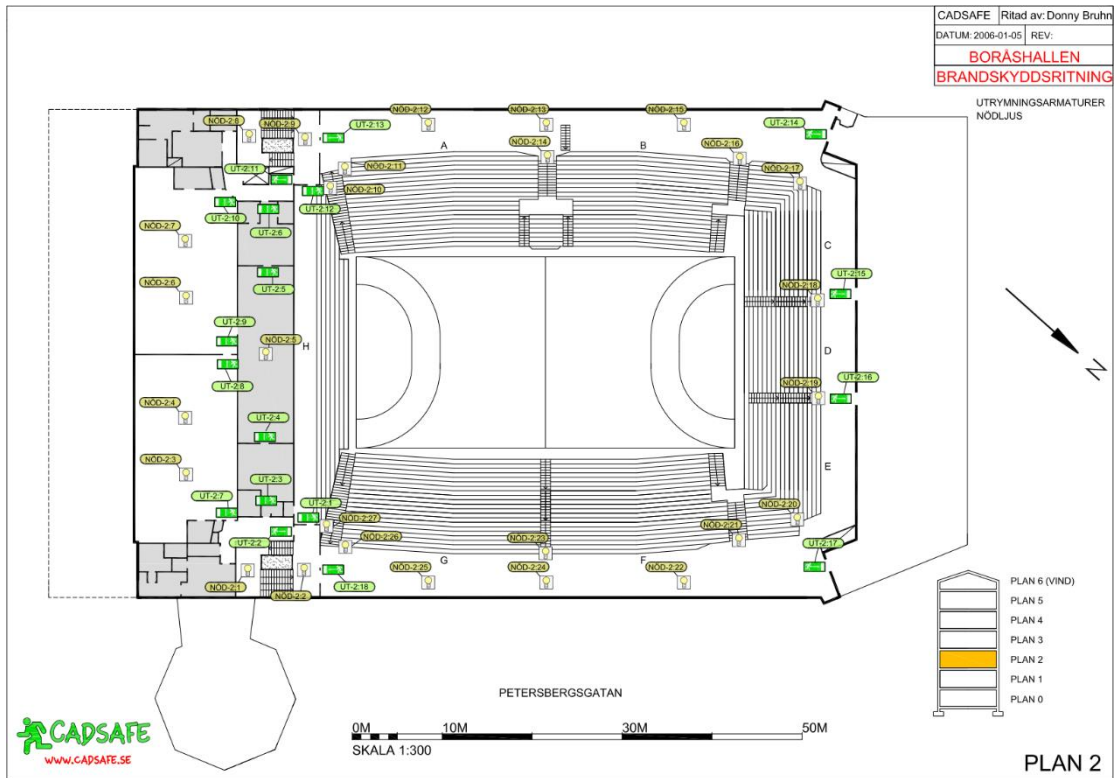
Bilderna beskriver planen 0-4 samt plan 6. På plan 5 finns varken skyltning eller nödbelysning.



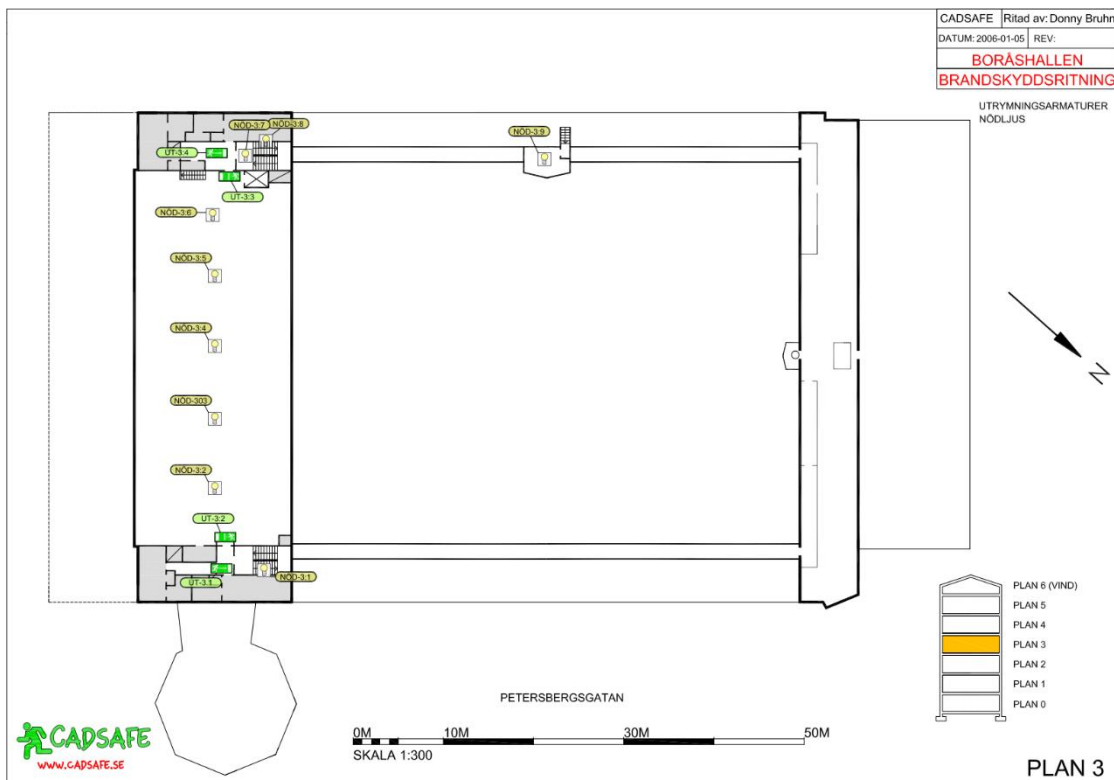
Figur 56. Utrymningsskyltar och nödljus för plan 0.



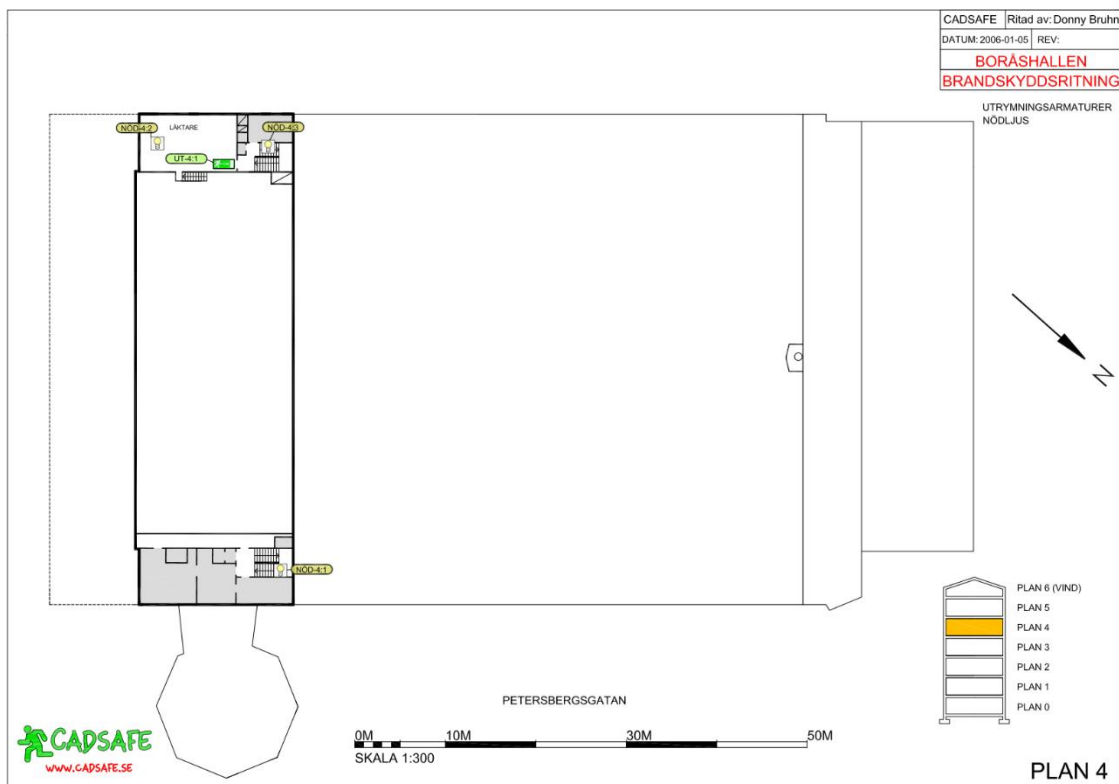
Figur 57. Utrymningsskyltar och nödljus för plan 1.



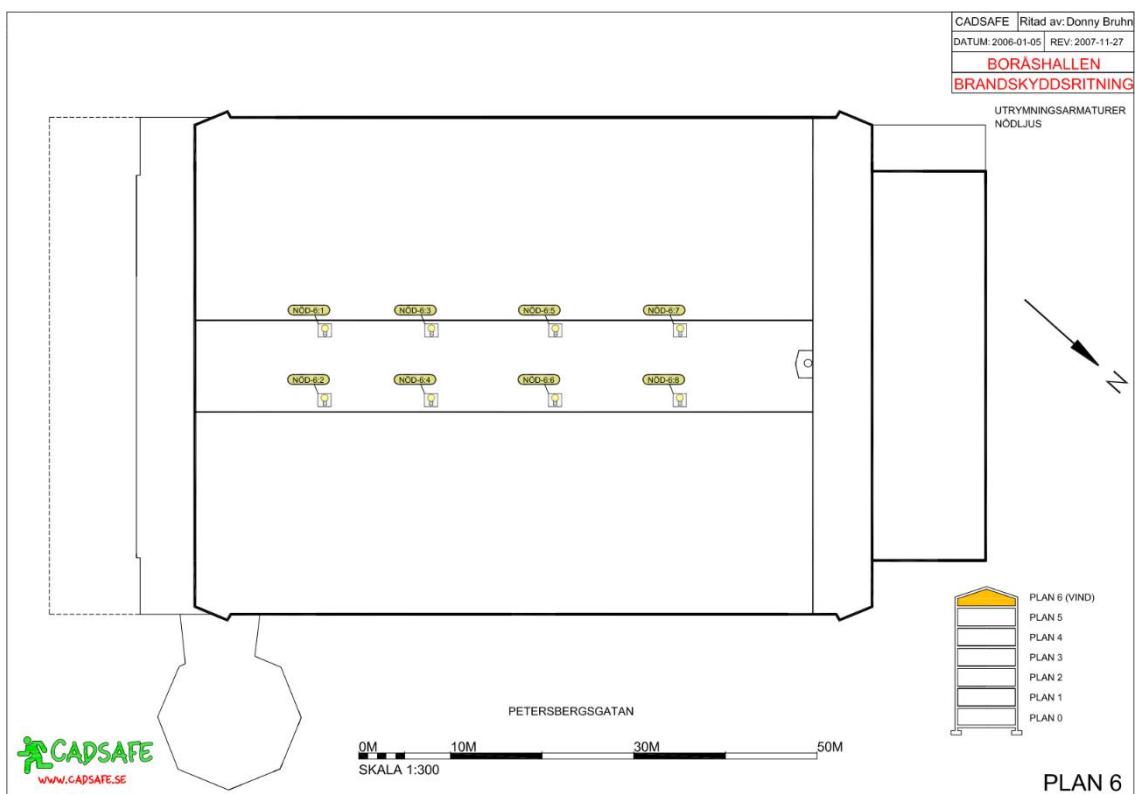
Figur 58. Utrymningsskyltar och nödljus för plan 2.



Figur 59. Utrymningsskyltar och nödljus för plan 3.



Figur 60. Utrymningsskyltar och nödljus för plan 4.



Figur 61. Utrymningsskyltar och nödljus för plan 6.

20 Bilaga D Tillsynsprotokoll



Södra Älvsborgs Räddningstjänstförbund

2013-03-20
D.nr. 2013-000815

Sändlista

Lars-Erik Isaksson, LFF
Lennart Rosander, LFF (via e-post)
Hans Frisk (Fritids- och Folkhälsoförvaltningen)
Therése Wallström, Karlsson Wachenfeldt arkitekter
(via e-post)

Tillsynsprotokoll enligt Lagen om skydd mot olyckor

Tillsynsdatum	2013-03-08
Tillsyn avseende verksamheten	Boråshallen
Verksamhetsnummer	497
Fastighetsbeteckning	Laxöringen 3
Närvarande ombud	Lars-erik Isaksson, Borås Stad
Ombudets tele	033 35 74 20

Tillsyn av ovanstående fastighet/verksamhet har skett med stöd av Lagen (2003:778) om skydd mot olyckor 5 kap. 1§. Protokoll från tillsynen översändes härmed. Protokollet upptar de brister i brandskyddet som uppmärksammats vid tillsynen och utgör tjänsteanteckningar från tillsynstillfället.

Bristerna bör åtgärdas snarast, dock senast 2013-06-18. Om rättelse inte sker, kan föreläggande komma att meddelas. Föreläggande kan kopplas till vitesbelopp.

Efter åtgärdande av brister återsänd bifogat intyg till Södra Älvsborgs Räddningstjänstförbund. Om inget intyg erhålls innan angiven tid kan en efterbesiktning ske, varvid en ny tillsynsavgift tas ut.

Faktura sänds separat.

Med vänlig hälsning

Martin Fredriksson
033-17 29 10

Protokollet är kvalitetskontrollerat av

Andreas Leandersson



Södra Älvsborgs Räddningstjänstförbund

D.nr. 2013-000815

Noteringar vid tillsyn

Närvarande vid tillsynen var Lars-Erik Isaksson som representerade fastighetsägare (Lokalförsörjningsförvaltningen, Borås Stad), Hans Frisk (Fritid och Folkhälsoförvaltningen, Borås Stad). Närvarande var också Therese Wallström från Karlsson wachenfeldt arkitekter

Nedan i punkt 1 redovisas räddningstjänstens noteringar vad gäller det systematiska brandskyddsarbetet, SBA. I följande punkter redovisas räddningstjänstens övriga noteringar vad gäller brandskyddet i byggnaden.

- Tillsynen inleddes med en diskussion kring objektets systematiska brandskyddsarbete. Ansvarsfördelning, tekniska egenkontroll av brandskyddstekniska installationer, nödlägesrutiner och dokumentation diskuterades. Räddningstjänsten är av uppfattningen att SBA:t bedrivs bra och uppfyller en bra nivå.

Ansvarsfördelningen uppfattas som tydlig och en brandskyddsorganisation finns utsedd. Brandskyddsorganisationen är inte uppdaterad i dokumentationen. Det ska åtgärdas.

I en anläggning där det vistas många personer är det viktigt att närvarande personal hjälper till vid en nödlägesituation (t. ex. brand) för att påskynda utrymningen. En rutin/instruktion som beskriver hur en utrymning ska genomföras saknas. En sådan ska upprättas. Rutinen ska bland annat beskriva hur vakter och funktionärer ska agera då en brand detekteras. Förutom att utrymningen från A-hallen behöver stöttning måste även byggnadens övriga delar kontrolleras så att de också töms då brandlarmet går. Instruktionen ska kommuniceras med de verksamheter som är aktiva på anläggningen. Beroende på om åskådare sitter på A-hallens golv eller inte kommer utrymningsrutinen att se annorlunda ut. Instruktionen ska finnas skriftligt och placeras dels i pärmen och dels finnas att tillgå på ett enkelt sätt för hallens olika verksamheter. Räddningstjänsten rekommenderar att en utrymningsövning eller liknande genomförs för att öva förmågan att utrymma anläggningen.

Längre ner i detta protokoll redovisas vilka personantal för olika delar av byggnaden. De uppgifterna ska finnas dokumenterade i SBA-pärmen.
- Ett antal dörrar i anläggningen är försedda med dörrbeslag som inte bedöms som lätt öppningsbara utifrån de personantal som kan förväntas passera genom öppningarna. Dörrar till lokaler avsedda för över 50 personer ska vara försedda med beslag godkända enligt SS En-179 eller SS En-1125 och dörrar till lokaler avsedda för över 1000 personer ska vara försedda med beslag godkända enligt SS En-1125. Detta medför att beslag på följande dörrar ska bytas:

Dörr till det fria i Rotundan öppnas i dag med spanjolett och ska förses med beslag godkänt enligt SS En-179.

Fyra dörrar från B-hallen, till respektive trapphus och från själva hallen är i dag försedda med vred och ska förses med beslag godkända enligt SS En-179.

Fyra utrymningsdörrar i den västra fasaden från läktargången i A-hallen är i dag försedda med spanjolett och ska förses med beslag godkända enligt SS En-1125.
- För att förhindra att brand och brandgaser sprids i byggnaden är den indelad i brandceller. Dörrar i brandcellsgräns ska hålla sig stängda om de inte är uppställda på magnet. I det östra trapphuset vid



Södra Älvsborgs Räddningstjänstförbund

ingången till läktargången i A-hallen finns en dörr i brandcellsgräns som inte stänger till följd av att golvet lutar och trycker mot dörren. Golvet eller dörren ska åtgärdas så att dörren stänger utan inverkan av handkraft.

4. I läktargången i A-hallen finns markerade fält i golvet för att markera var bord med försäljning får placeras. Fälten är inritade på ett sådant sätt att de inte inkräktar på nödvändigt passagemått och för att inte hindra utrymnande personer. De två fälten kan utökas med två meter mot mitten av läktargången (förlängas med två meter). Bord och liknande får enbart placeras i markerade rutor.
5. Utrymningsvägar ska vara lätt tillgängliga och vara fria från föremål som blockerar dem. Utrymningsväg från boxningshall blockerades av traktordäck. Utrymningsväg från gym blockerades av träningsbollar och hantlar i boxningshallen. Föremålen ska avlägsnas så att utrymningsvägarna inte blockerar.
6. Under tillsynen diskuterades lämpliga maximala personantal samt övernattning i anslutning till idrottsevenemang. Följande gäller för att uppfylla en skälig brandskyddsnivå:

A- hall

läktare 2880 (2930) personer plus 150 på hallgolv. Vid enbart verksamhet på golv gäller 300 personer.

Sovande: 80 pers på läktargång. Möjlighet finns för sovande på A-hallens golv. Detta ska i så fall diskuteras med Räddningstjänsten för en ny bedömning.

B-hall

Max 150 personer. Sovande 60 personer.

C-hallar

150 personer sammanlagt i två hallar. (De är belägna i samma brandcell.)

Omklädningsrum 9,11 (C-hallar)

4 personer i varje rum.

Brottningslokal

Övernattning ej lämpligt.

Kommentar

Vid tillsynen diskuterades lämpligt personantal i A-hallen då Boråshallen används för arrangemang där publik placeras på golvet i hallen. Räddningstjänsten kom inte fram till en slutlig bedömning i frågan. En ny tillsyn med fokus på just denna fråga kommer därför utföras inom en snar framtid. Räddningstjänsten kommer kalla till denna tillsyn.



Södra Älvsborgs Räddningstjänstförbund

2013-04-12
Dnr. 2013-001113
Verksamhetsnummer 497

Sändlista

Anders Rosander, Borås Stad, LFF
Hans Frisk, Borås Stad, Fritids och folkhälsoförv.

Tillsynsprotokoll enligt Lag (2003:778) om skydd mot olyckor

Tillsynsdatum	2013-04-08
Avser verksamhet	Boråshallen
Fastighetsadress	Bockasjögatan 2
Postadress	50430 Borås
Fastighetsbeteckning	Laxöringen 3

Tillsyn av ovanstående fastighet/verksamhet har skett med stöd av Lag (2003:778) om skydd mot olyckor 5 kap. 1§. Protokoll från tillsynen översändes härmed. Protokollat upptar de brister i brandskyddet som uppmärksammats vid tillsynen och utgör tjänsteanteckningar från tillsynstillfället. Tillsynen utgörs endast av en stickprovskontroll av brandskyddet och är ingen garanti för att fastigheten/verksamheten har ett fullgott brandskydd. Fastighetsägare och nyttjanderättshavare är fortfarande ansvariga för sitt brandskydd enligt 2 kap. 2§.

Bristerna bör åtgärdas snarast, dock senast 2013-09-08 . Om rättelse inte sker, kan föreläggande komma att meddelas. Föreläggande kan kopplas till vitesbelopp.

Efter åtgärdande av brister, återsänd bifogat intyg till Södra Älvsborgs Räddningstjänstförbund. Om inget rättelseintyg erhålls innan angiven tid kan en efterbesiktning ske, varvid en ny tillsynsavgift tas ut.

Faktura sänds separat.

Med vänlig hälsning

Tillsynsför rättare
Martin Fredriksson
033-17 29 10

Protokollet är kvalitetskontrollerat av

Tillsynsför rättare
Jonas Olsson



Södra Älvsborgs Räddningstjänstförbund

Dnr. 2013-001113

Noteringar vid tillsyn

Vid tillsynsbesöket representerades fastighetsägaren av Anders Rosander och verksamheten av Hans Frisk.

Södra Älvsborgs räddningstjänstförbund har förkortats till Räddningstjänsten i detta protokoll.

Denna tillsyn syftade enbart till att kontrollera utrymnings säkerhet från den stora A-hallen.

1. A-hallen är ursprungligen utformad för att inrymma åskådare på läktaren. Under tillsynen undersöktes vilka personantal som kan anses vara skäliga då åskådare också vistas på planen. Då byggnaden ursprungligen inte är utformad för stora personantal på planen har räddningstjänsten gjort bedömningar kring detta.

När åskådare enbart vistas på A-hallens läktare används lokalen som det är tänkt från början. Ett skäligt personantal uppnås när alla läktarplatser används.

2. Då fler än 150 personer finns på planen begränsas personantalet på läktarna till 1500 personer.

Då begränsas personantalet på planen enligt nedan:

Med befintliga läktargångar vid långsidornas norra ändar (1,0 m breda vid det smalaste stället) kan högst 200 personer vistas på A-hallens golv samtidigt.

Med förbättrade läktargångar vid långsidornas norra ändar (1,2 m breda vid det smalaste stället) kan högst 250 personer vistas på A-hallens golv samtidigt.

Med befintliga läktargångar vid långsidornas norra ändar (1,0 m breda vid det smalaste stället) samt 2 tillgängliga läktargångar (görs tillgängliga med t ex tillfälliga trappor) vid den norra kortändan kan högst 430 personer vistas på A-hallens golv samtidigt.

Med förbättrade läktargångar vid långsidornas norra ändar (1,2 m breda vid det smalaste stället) samt 2 tillgängliga läktargångar (görs tillgängliga med t ex tillfälliga trappor) vid den norra kortändan kan högst 500 personer vistas på A-hallens golv samtidigt.

Kommentar till punkt 2

Personantalen på planen är oberoende av om åskådarna står eller sitter på stolar.

Då tillfälliga trappor används för att få åtkomst till den norra kortsidans läktargångar måste de tillfälliga utrymningsvägarna utformas så att de är lättillgängliga och väl synliga från hela planen. Detta ställer stora krav på hur scen utformas och placeras. Vidare ställer det krav på att gångstråk fram till utrymningsväg tydligt markeras och att detta gångstråk hålls helt fritt från hinder. Avstånd mellan trapporna och gångstråken upp på läktarna på långsidorna ska vara minst fem meter.

3. Rörelsehindrade åskådare har ej möjlighet att utrymma uppför trappor vid utrymning. Det är nödvändigt för rörelsehindrade att kunna sätta sig i säkerhet oberoende av var branden startar i byggnaden. Vid arrangemang ska rörelsehindrade personer placeras vid anvisad plats på läktaren eller i planens södra ände.
4. Bakom läktarna på långsidorna löper breda läktargångar. I dessa finns uppmärksatta platser där



Södra Älvsborgs Räddningstjänstförbund

försäljningsbord får placeras. Vid en utrymning då åskådare finns på både plan och på läktare är de norra delarna på dessa läktargångarna mycket viktiga. Därför får försäljningsbord eller liknande inte placeras i den norra av de uppmärkta rutorna då åskådare finns både på planen och på läktaren.

5. Vid arrangemang när åskådare finns på både läktare och plan har det stor betydelse för utrymningstiden vilken utrymningsväg folk väljer. Vid sådana arrangemang ska det därför finnas utrymningsvakter som kan hjälpa till att styra folk vid en utrymning.

Allmän kommentar

Räddningstjänsten konstaterar vid tillsynen att de övergripande utrymningsförhållandena avsevärt försämrats av att trapphusen mynnar i foajé istället för att leda rakt ut i det fria. Foajén är dessutom belägen i samma brandcell som A-hallen. I dagsläget gör räddningstjänsten gör bedömningen att det finns andra faktorer i byggnaden som kompenserar för denna brist varför inga åtgärder behöver vidtas. Denna bedömning kan komma att ändras i framtiden.

Räddningstjänsten har i detta protokoll redovisat ett antal brister och gett åtgärdsförslag. Notera att det kan finnas alternativa sätt att uppnå ett skäligen brandskydd i fastigheten. Ägaren och nyttjanderättshavaren har möjligheten att ta fram andra lösningar som är lika bra eller bättre än ovanstående. Skulle så ske prövar räddningstjänsten den föreslagna lösningen och ger eventuellt bifall till förslaget.



Södra Älvsborgs Räddningstjänstförbund

Bedömningarna nedan gäller då det dels är åskådare på läktaren och dels åskådare på A-hallens plan. Antalet personer på läktaren är begränsat till 1500 personer.

Att brand utbryter i och blockerar foajén under pågående arrangemang bedöms vara det värsta brandscenario som kan inträffa i byggnaden. När utrymning inte kan genom foajén begränsas utrymningen genom trapphusen avsevärt. Den enda utgången från respektive trapphus utgörs då av en sidodörr.

Räddningstjänsten bedömer att personer på läktaren på södra kortsidan (400 personer) utrymmer via trapphusen och ut via sidodörrar. 1 100 personer (550 på vardera sida) sittandes på långsidornas läktare utrymmer via övre läktargång till utrymningsvägar i norra fasaden. Personer på planen utrymmer i gångar upp på läktarna och via de övre läktargångarna till utrymningsvägarna i den norra fasaden. Uppskattad tid till kritiska förhållanden vid dessa utgångar sätts till 300 s. Tiden utgör en grov uppskattning. Någon beräkning eller liknande ligger inte till grund för siffran men fem minuter anses som en konservativ tid eftersom branden per definition i scenariot startar i foajén och det kommer ta en viss tid för rök att sprida sig stora hallen. Det har inte kunnat styrkas för räddningstjänsten att det är en brandcellsgräns mellan stora hallen och foajén.

BFS 2012:13 - BBRAD 1 används för att göra grova och konservativa uppskattningar om vilka personantal som kan vara lämpliga på hallgolvet. Den förflyttningstid som accepteras sätts till fem minuter. Värden för horisontell förflyttning i tabell 4 används. Längsta gångavstånd uppskattas till 70 m.

Med korrelation samt antaganden enligt ovan är de fyra dörrarna i byggnadens norra fasad tillräckligt breda för att utrymma 1 855 personer på fem minuter. Eftersom 400 personer på läktaren bedöms utrymma via trapphusen återstår 1 100 personer. Om dörrarna i byggnadens norra fasad hade varit dimensionerande skulle alltså ytterligare 754 personer kunna vistas i lokalen.

Hinner 754 personer ta sig upp från planen via gångar i läktarna till dörrarna i norra fasaden? Nej. Beräkningar enligt BBRAD 1 och tabell 4 ger följande:

Med befintliga läktargångar vid långsidornas norra ändar (1,0 m breda vid det smalaste stället) kan högst 200 personer vistas på A-hallens golv samtidigt.

Med förbättrade läktargångar vid långsidornas norra ändar (1,2 m breda vid det smalaste stället) kan högst 250 personer vistas på A-hallens golv samtidigt.

Med befintliga läktargångar vid långsidornas norra ändar (1,0 m breda vid det smalaste stället) samt 2 tillgängliga läktargångar (görs tillgängliga med t ex tillfälliga trappor) vid den norra kortändan kan högst 430 personer vistas på A-hallens golv samtidigt.

Med förbättrade läktargångar vid långsidornas norra ändar (1,2 m breda vid det smalaste stället) samt 2 tillgängliga läktargångar (görs tillgängliga med t ex tillfälliga trappor) vid den norra kortändan kan högst 500 personer vistas på A-hallens golv samtidigt.

Kommentar

Utrymning sker högt upp i lokalen. Trots den höga takhöjden kommer utrymmande personer att förhållandevis tidigt utsättas för kritiska förhållanden när det varma brandgaslagret blir tjockare.

Då tillfälliga trappor används för att få åtkomst till den norra kortsidans läktargångar måste de tillfälliga utrymningsvägarna utformas så att de är lättillgängliga och väl synliga från hela planen. Detta ställer stora krav på hur scen utformas och placeras. Vidare ställer det krav på att gångstråk fram till utrymningsväg tydligt markeras och att detta gångstråk hålls helt fritt från hinder. Avstånd från trapporna till gångstråken upp på läktarna på långsidorna ska vara minst fem meter.

21 Bilaga E Handberäkningar

Karakteristisk branddiameter för scenbrand.

$$D^* = \left(\frac{\dot{Q}}{\rho c_p T \sqrt{g}} \right)^{2/5} = \left(\frac{11400}{1,2 * 1,0 * 293,15 * \sqrt{9,81}} \right)^{2/5} = 2,55m$$

$$\frac{D^*}{dx} = \frac{2,55}{0,2} = 12,7$$

Karakteristisk branddiameter för kioskbrand.

$$D^* = \left(\frac{\dot{Q}}{\rho c_p T \sqrt{g}} \right)^{2/5} = \left(\frac{1800}{1,2 * 1,0 * 293,15 * \sqrt{9,81}} \right)^{2/5} = 1,22m$$

$$\frac{D^*}{dx} = \frac{1,22}{0,2} = 6,1$$

Karakteristisk branddiameter för B-hallen

$$D^* = \left(\frac{\dot{Q}}{\rho c_p T \sqrt{g}} \right)^{2/5} = \left(\frac{1000}{1,2 * 1,0 * 293,15 * \sqrt{9,81}} \right)^{2/5} = 0,96m$$

$$\frac{D^*}{dx} = \frac{0,96}{0,1} = 9,6$$

Kritisk nivå för brandgaslager enligt BBRAD BFS 2012:13 i B-hallen

$$h = 1,6 + (\text{rumshöjden} * 0,1) = 1,6 + 11 * 0,1 = 2,7 m$$

Karakteristisk branddiameter för C-hallarna

$$D^* = \left(\frac{\dot{Q}}{\rho c_p T \sqrt{g}} \right)^{2/5} = \left(\frac{1000}{1,2 * 1,0 * 293,15 * \sqrt{9,81}} \right)^{2/5} = 0,96m$$

$$\frac{D^*}{dx} = \frac{0,96}{0,1} = 9,6$$

Kritisk nivå för brandgaslager enligt BBRAD BFS 2012:13 i C-hallarna

$$h = 1,6 + (\text{rumshöjden} * 0,1) = 1,6 + 2,8 * 0,1 = 1,88 m$$

Beräkningar av den dimensionslösa effektutvecklingen (brandfroudetalet):

Scenbrand

$$D = 2 * \sqrt{\frac{A}{\pi}} = 2 * \sqrt{\frac{20 * 6}{\pi}} = 12,4$$

$$Q^* = \left(\frac{D^*}{D} \right)^{5/2} = \left(\frac{2,55}{12,4} \right)^{5/2} = 0,019$$

Kioskbrand

$$D = 2 * \sqrt{\frac{A}{\pi}} = 2 * \sqrt{\frac{7,2}{\pi}} = 3$$

$$Q^* = \left(\frac{D^*}{D}\right)^{5/2} = \left(\frac{1,22}{3}\right)^{5/2} = 0,11$$

B-hallen

$$D = 2 * \sqrt{\frac{A}{\pi}} = 2 * \sqrt{\frac{6,7}{\pi}} = 2,9$$

$$Q^* = \left(\frac{D^*}{D}\right)^{5/2} = \left(\frac{0,96}{2,9}\right)^{5/2} = 0,062$$

C-hallen

$$D = 2 * \sqrt{\frac{A}{\pi}} = 2 * \sqrt{\frac{7,2}{\pi}} = 3$$

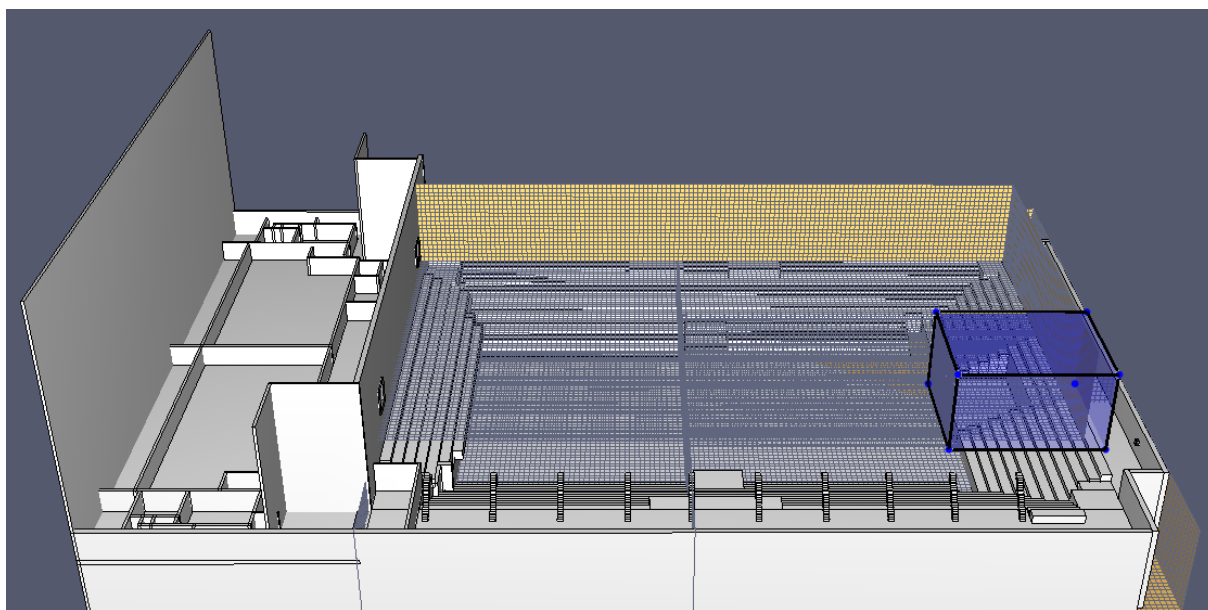
$$Q^* = \left(\frac{D^*}{D}\right)^{5/2} = \left(\frac{0,96}{3}\right)^{5/2} = 0,057$$

22 Bilaga F FDS-kod

Nedan presenteras koden som använts vid FDS-simulering av Boråshallen.

22.1 Mesh för A-hallen

```
&MESH ID='MESH', FYI='BRAND', IJK=64,50,36, XB=51.6,64.4,20.8,30.8,-0.4,6.8, MPI_PROCESS=0/  
&MESH ID='MESH01', IJK=131,71,19, XB=6.8,59.2,11.6,40.0,6.8,14.4, MPI_PROCESS=1/  
&MESH ID='MESH02', IJK=86,50,18, XB=30.0,64.4,30.8,50.8,-0.4,6.8, MPI_PROCESS=2/  
&MESH ID='MESH03', IJK=86,50,18, XB=30.0,64.4,0.8,20.8,-0.4,6.8, MPI_PROCESS=3/  
&MESH ID='MESH04', IJK=54,25,18, XB=30.0,51.6,20.8,30.8,-0.4,6.8, MPI_PROCESS=4/  
&MESH ID='MESH05', IJK=58,125,18, XB=6.8,30.0,0.8,50.8,-0.4,6.8, MPI_PROCESS=5/
```



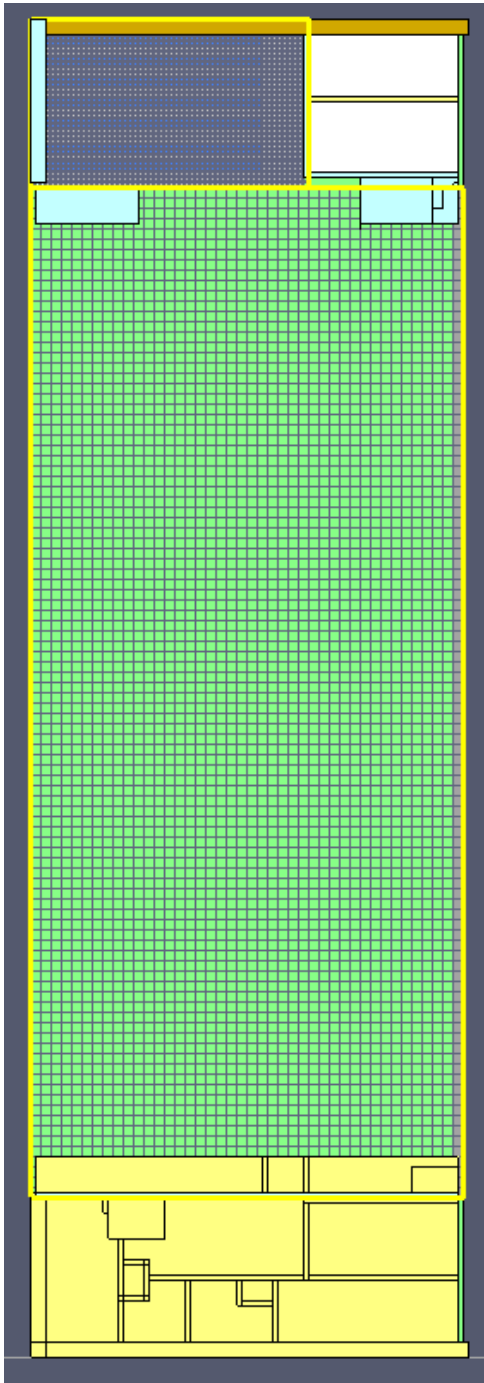
Figur 62. Mesh vid brand för A-hallen.

22.2 Specificerad brand

```
&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=0.042,  
SOOT_YIELD=0.198/
```

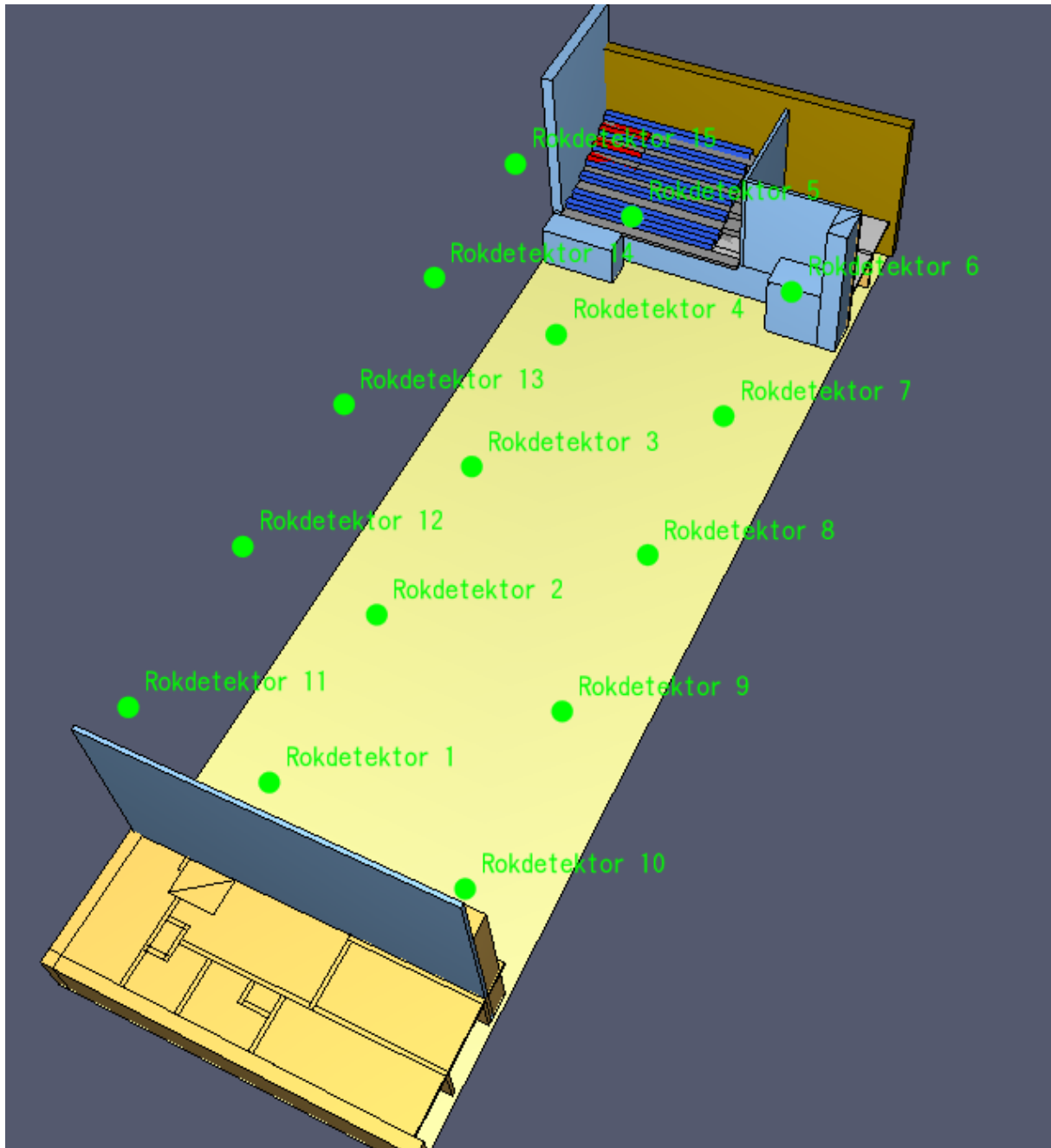
22.3 Mesh för B-hallen

```
&MESH ID='MESH', IJK=108,66,68, XB=9.6,20.4,45.4,52.0,2.0,8.8/  
&MESH ID='MESH01', IJK=42,98,30, XB=9.6,26.4,6.2,45.4,0.0,12.0/
```



Figur 63. Meshgränser i B-hallen.

22.4 Förtydligande av rökdetektorers placering



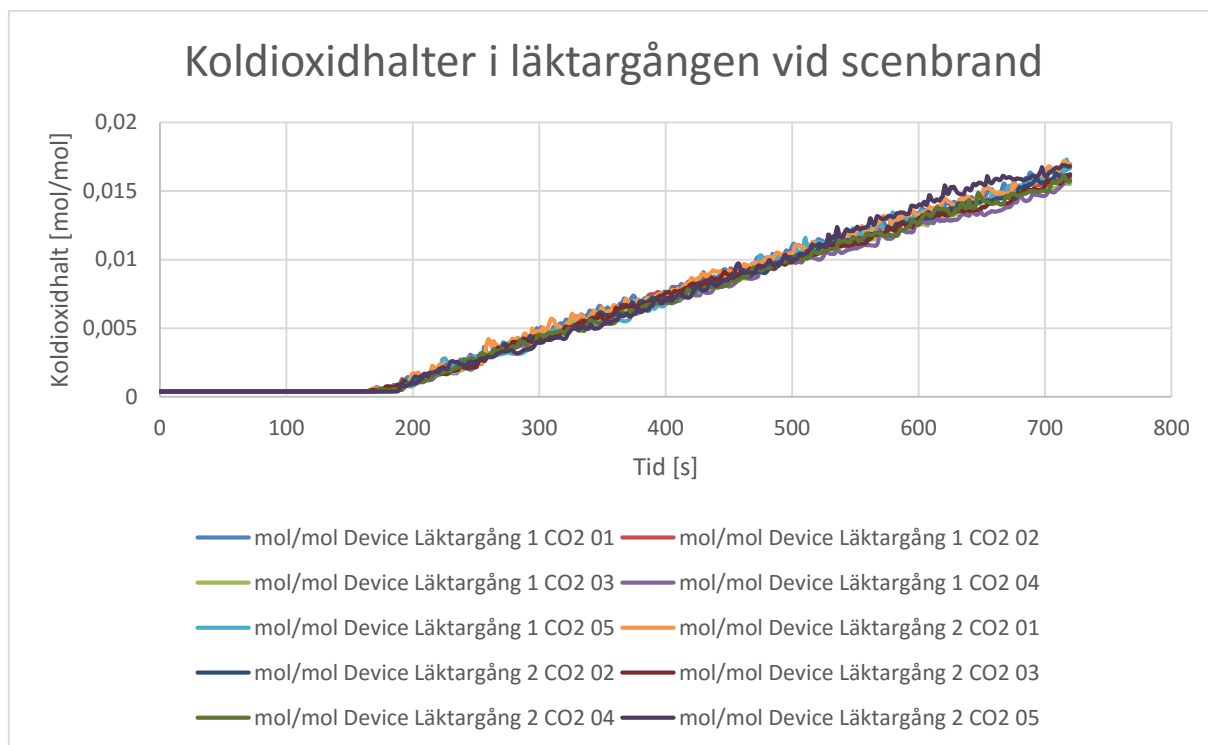
Figur 64. Placering av rökdetektorer.

22.5 Mesh för C-hallarna

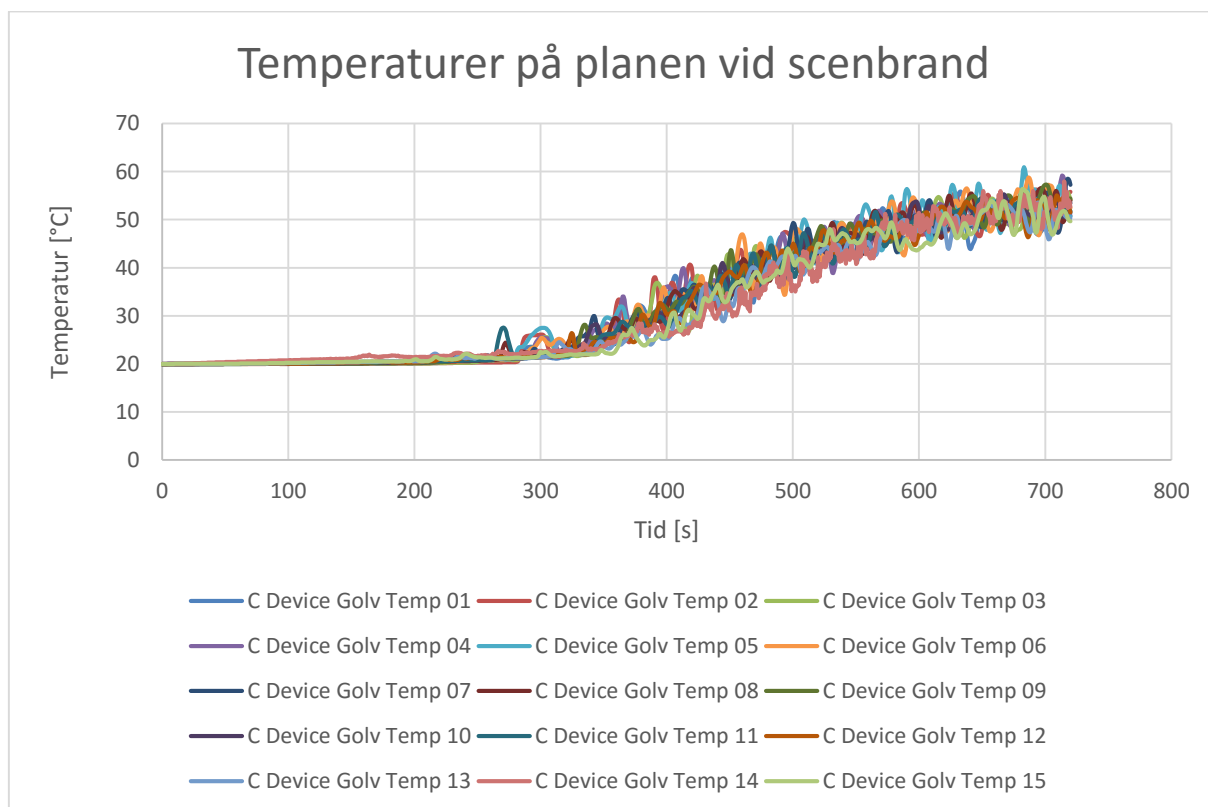
```
&MESH ID='MESH', IJK=83,187,14, XB=9.6,26.2,8.6,46.0,0.0,2.8/  
&MESH ID='MESH01', IJK=50,24,28, XB=9.6,14.6,6.2,8.6,0.0,2.8/  
&MESH ID='MESH02', IJK=58,12,14, XB=14.6,26.2,6.2,8.6,0.0,2.8/
```

23 Bilaga G Mätdata från FDS vid simulering av A-hallen

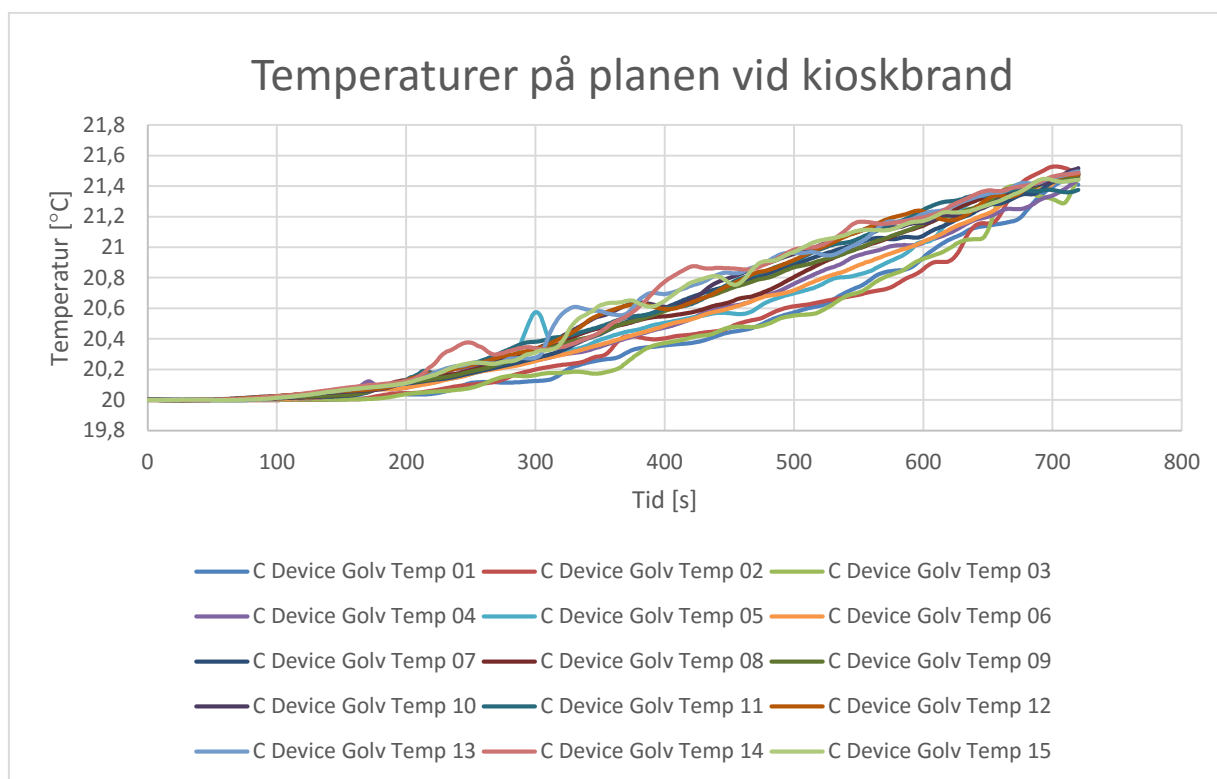
Nedan presenteras mätdata som simulering av A-hallen vid FDS har gett.



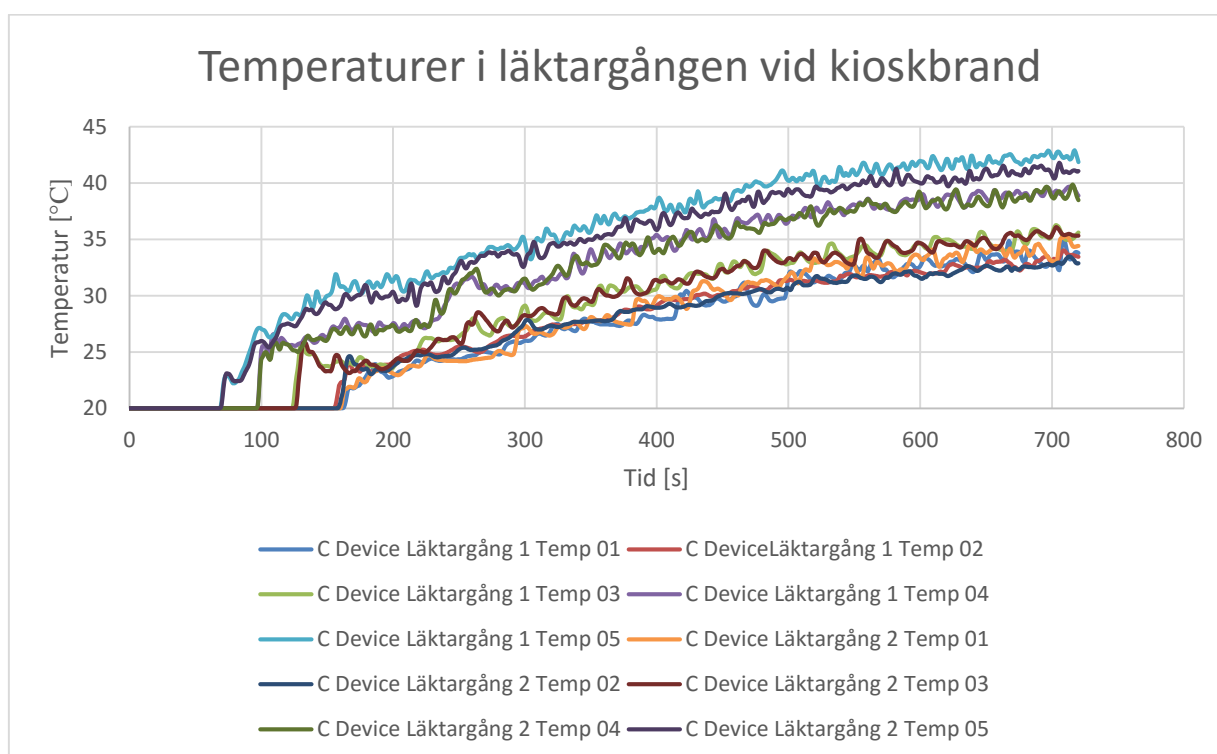
Figur 65. Diagram över koldioxidhalt vid läktargången för scenbrand i A-hallen.



Figur 66. Diagram över temperatur på planen för scenbrand i A-hallen.



Figur 67. Diagram över temperatur på planen för kioskbrand i A-hallen.



Figur 68. Diagram över temperatur i läktargången för kioskbrand i A-hallen.