

# Brandteknisk riskvärdering

Bråhögshallen i Staffanstorp

Elin Persson  
Christian Rosqvist  
Dea Ternström  
Tony Åsberg

**Brandteknik**  
**Lunds Tekniska Högskola**  
**Lunds Universitet**

**Rapport 9474**  
**2015**

**130515**



**Rapport/Report**

9474

**Titel/Title**

Brandteknisk riskvärdering: Bråhögshallen i Staffanstorp

**Antal sidor/Number of pages**

149 (inklusive bilagor/including appendix)

**Tabeller/Tables**

26

**Figurer/Figures**

75

**Språk/Language**

Svenska/Swedish

**Författare/Authors**

Elin Persson, Christian Rosqvist, Dea Ternström och Tony Åsberg

**Nyckelord/Keywords**

Brandteknisk riskvärdering, acceptanskriterium, FDS, utrymning, Simulex, DETACT T2, Bråhögshallen, idrottshall/Fire safety evaluation, acceptance criteria, FDS, evacuation, Simulex, DETACT T2, Bråhögshallen, sports hall

*”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.”*



## Abstract

This report is a fire safety assessment of Bråhögshallen, a multi-sport facility located in Staffanstorp in the south of Sweden. The building consists of one larger and one smaller sports hall, a bowling alley and other smaller facilities used for a variety of different sports. Bråhögshallen was built in 1969, and the regulations regarding fire safety has since changed. The assessments in this report are based on current legislations and recommendations. In the evaluation of the fire safety it is only the occupant safety that is being considered.

A risk analysis has been performed to determine the fire scenarios which represents the worst credible cases. This evaluation resulted in three scenarios; one in a storage on the stand in the large hall, one in a storage in the small hall and one in the kitchen in the bowling alley. Computer simulation, calculations and qualitative reasoning lies behind the quantification of available time and time to evacuation.

Some of the considered factors regarding safe evacuation during fire exceeds the requirements presented in this report. Therefore a series of suggested measures is proposed to improve the evacuation conditions.



## Sammanfattning

Denna rapport är framtagen i syftet att utvärdera personsäkerheten i Bråhögshallen i Staffanstorp vid händelse av brand. Hallen är uppförd i slutet på 60-talet med dåvarande byggregler, har blivit ombyggd under åren och inrymmer olika idrottsaktiviteter, vilket motiverar en översyn av personsäkerheten. Rapporten begränsar sig till att enbart titta på personsäkerheten och beaktar varken ekonomiska eller miljömässiga aspekter. Vidare behandlar rapporten inte brandens påverkan på byggnadens hållfasthet.

Arbetet inleddes med ett platsbesök där olika representanter och intressenter för byggnaden närvarade, innefattande fastighetsskötare, fastighetsförvaltare, räddningstjänsten samt rapportförfattarna med handledare. Under platsbesöket studerades huvudsakligen det befintliga brandskyddet samt potentiella problemområden i lokalen. Byggnadsmått, såsom takhöjder och dörrbredder togs, och även fotografier. Med informationen som erhöles under platsbesöket gjordes sedan en grovanalys av tänkbara scenarier, som rangordnades efter sannolikhet och konsekvens. Resultatet åskådliggjordes i en riskmatris och från den valdes tre stycken brandscenarier som ansågs utgöra de värsta troliga fallen. Dessa scenarier blev följande:

- Brand i läktarförrådet i stora idrottshallen
- Brand i köket i bowlinghallen
- Brand i förrådsutrymmet i den lilla idrottshallen

Effektutvecklingskurvor togs fram för de dimensionerande bränderna och med FDS kunde sedan brandförloppen för varje scenario simuleras. Utifrån dessa simuleringar kunde tiden till kritiska förhållanden erhållas. Programvarorna Simulex och DETACT-T2 användes för att beräkna förflyttningstid respektive tiden till detektering av brand. Resultatet visar att personsäkerheten inte kunde garanteras vid något av brandscenarierna, vilket föranledde utarbetande av åtgärdsförslag.

Åtgärderna är indelade i *ska*- och *bör*-åtgärder. Det förstnämnda är åtgärder som ska införas för att säkerställa säker utrymning vid händelse av brand och det sistnämnda är förslag på lösningar som vid implementering kan öka säkerheten i byggnaden, men som inte är ett krav för att kunna säkerställa en säker utrymning.

Åtgärder som *ska* vidtas för att säkerställa utrymning innan kritiska förhållanden uppnås är följande:

- Installering av dörrstängare in till förrådet som ligger i anslutning till den stora idrottshallen.
- Punktskydd i form av vattendimma ovanför spisen i bowlinghallen, som aktiveras med bulber av typen fast response.
- Brandgasventilation i taket i den lilla idrottshallen, som aktiveras med rökdetektorer.
- Uppförande av vägledande markeringar i boxningshallen och omklädningsrummen.
- Installering av nödbelysning genomgående i lokalerna.

Åtgärder som *bör* vidtas för att underlätta utrymning är följande:

- Dörrstängare till dörren mellan den stora idrottshallen och multihallen bör installeras.

- Fönstren i förrådet som vetter ut mot den stora idrottshallen bör byggas igen alternativt täckas över.
- Stora idrottshallen bör bli en egen brandcell vid eventuell ombyggnation.
- Bowlinghallen bör göras till en egen brandcell vid eventuell ombyggnation.
- Köket bör utgöra en egen brandcell.
- Skyltar som anger det maximala antalet personer som samtidigt får vistas i lokalen bör bli utplacerade.
- Det bör finnas regelbundet systematiskt brandskyddsarbete.



## Summary

This report is a fire safety assessment of Bråhögshallen in the municipality of Staffanstorp. It was built during the late 1960s with the building code of that time. Over the years the building has been altered and is used for a variety of sport activities. This motivates an assessment of the fire hazards and evacuation conditions. This report is limited to the fire safety evaluation of protecting human lives and therefore economic and environmental aspects are not being considered. Furthermore the impact of fires on the buildings structural integrity is neglected.

This report began with a visit to Bråhögshallen by the authors and their supervisor. Representatives of the building, janitor, property manager and representatives of Staffanstorp's rescue service were also present. During the visit, the current fire protection system was investigated, measurements of the building were taken; ceiling heights, door widths. Photos were also taken. With the acquired information from the visit an initial analysis was made of possible fire scenarios and these were ranked based on probability and consequences. The result was showcased in a risk matrix and from it three scenarios, that were deemed to pose the greatest credible threats, were chosen. These scenarios are as follows:

- Fire in the storage located on the stand in the large hall
- Fire in the kitchen in the bowling alley
- Fire in the storage space of the small hall

Design fires in the form of heat release rate curves were constructed for each scenario. With FDS each fire scenario could then be simulated and time to critical conditions could be acquired from the simulations. The computer programs Simulex and DETACT-T2 were used to calculate required evacuation time and time to fire detection. The results show that protection of human lives during a fire cannot be guaranteed, therefore measures had to be devised to ensure safe evacuation.

The measures are divided into two categories, *crucial* and *recommended*. Crucial measurements are those that ensure safe egress before critical conditions are met, recommended measurements helps facilitate egress in general.

Measures that are crucial to ensure safe evacuation before critical conditions are met are as follows:

- An automatic device to close the door in the storage room in the large hall is crucial to ensure safe evacuation.
- Water mist placed above the stove in the bowling alley with a fast response bulb is crucial to ensure a safe evacuation.
- Smoke ventilation which is activated by a smoke detector placed on the roof in the small hall is crucial to ensure a safe evacuation.
- Installation of emergency lighting.
- Fire exit signs need to be installed in the boxing area and in the locker rooms.

Measures that are recommended to help facilitate evacuation are as follows:

- Door closers should be installed for the door leading between the large hall and the multi-sportshall.
- The windows on the storage in the large hall should be removed or covered.
- The large hall should be made into a fire compartment in conjunction with renovation.
- The bowling alley should be made into a fire compartment in conjunction with renovation.
- The kitchen should be made into a fire compartment.
- Signs that tells the maximum number of people allowed on the premise should be put up.
- Systematic fire preventive work should be conducted regularly.

Förord

Vi vill tacka följande personer för deras värdefulla hjälp och vägledning under arbetets gång:

**Daniel Nilsson**, Avdelningen för brandteknik LTH

**Nils Persson**, Brandinspektör på Räddningstjänsten Lomma Staffanstorp

**Michael Marklund**, Ställföreträdande räddningschef på Räddningstjänsten Lomma Staffanstorp

**Dick Levhag**, Vaktmästare på kultur- och fritidsförvaltningen i Staffanstorp

**Linn Ahlström**, Teknisk ansvarig förvaltare Staffanstorps kommunfastigheter AB

**Caroline Andersson**, Förvaltarassistent Staffanstorps kommunfastigheter AB

**Bjarne Husted**, Avdelningen för brandteknik LTH

**Håkan Frantzich**, Avdelningen för brandteknik LTH

**Jonathan Wahlqvist**, Avdelningen för brandteknik LTH



## Nomenklatur

$A$	Area [ $m^2$ ]
$A_o$	Öppningsarea [ $m^2$ ]
$A_t$	Inneslutningsarea inklusive öppningar [ $m^2$ ]
$A_d$	Öppningsarea för tilluft [ $m^2$ ]
$A_E$	Brandgasluckornas area [ $m^2$ ]
$A_w$	Den yta som är i kontakt med brandgaslagret area [ $m^2$ ]
$b$	Dörrbredd [m]
$c_d$	Flödeskonstant [-]
$c_p$	Specifik värmekapacitet [kJ/kgK]
$d$	Tjocklek [m]
$D$	Diameter [m]
$D_L$	Optiska densiteten [OD/m]
$f$	Personflöde [p/sm]
$g$	Tyngdaccelerationskonstanten [ $m/s^2$ ]
$h$	Konvektiva övergångstalet [ $W/m^2K$ ]
$H$	Höjd [m]
$H_o$	Sammanlagd öppningshöjd [m]
$H_E$	Takhöjd [m]
$\Delta H_c$	Förbränningsvärme [kJ/kg]
$l$	Avstånd [m]
$m$	Massa [kg]
$\dot{m}$	Massflöde [kg/s]
$M$	Molekylvikt [kg/mol]
$n$	Antal personer [st]
$p$	Gasens tryck [ $N/m^2$ ]
$\Delta P_l$	Tryckdifferens över öppning [Pa]
$Q$	Energiinnehåll [kJ]
$\dot{Q}$	Effektutveckling [kW]
$\dot{Q}''$	Strålningseffekt [ $W/m^2$ ]
$q_b$	Brandflöde [ $m^3/s$ ]
$\dot{Q}_{FO}$	Effektutveckling vid övertändning [kW]
$R$	Allmänna gaskonstanten [ $J/(mol \cdot K)$ ]
$RTI$	Response time index [ $\sqrt{ms}$ ]
$t$	Tid [s]
$T$	Temperatur [ $^{\circ}C$ ]
$T_g$	Brandgaslagrets Temperatur [ $^{\circ}C$ ]
$T_a$	Omgivande Temperatur [ $^{\circ}C$ ]
$T_{\infty}$	Luftens Temperatur [ $^{\circ}C$ ]
$\Delta T$	Temperaturskillnad [ $^{\circ}C$ ]
$v$	Gånghastighet [m/s]
$z$	Höjd från golv till brandgaslager [m]
$\alpha$	Tillväxthastighet [ $kW/s^2$ ]

$\varepsilon$	Emissivitet [-]
$\rho$	Densitet [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]
$\rho_\infty$	Densitet för omgivningen [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]
$\rho_g$	Brandgaslagrets densitet [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]
$\kappa$	Konduktivitet [ $\text{W}/\text{mK}$ ]
$\sigma$	Stefan-Boltzmanns konstant [ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}^4$ ]
$\varphi$	Synfaktorn [-]

# Innehållsförteckning

1. Inledning.....	1
1.1 Syfte .....	1
1.2 Mål .....	1
1.3 Metod .....	1
1.4 Avgränsningar .....	2
2. Objektsbeskrivning .....	3
2.1 Verksamhet.....	3
2.2 Lokal.....	3
2.3 Personal .....	6
2.4 Ventilation.....	6
2.5 Förenklad dimensionering.....	7
3. Skyddsmål.....	9
3.1 Skadekriterier .....	9
4. Befintligt brandskydd.....	11
4.1 Brand och utrymningslarm.....	11
4.2 Detektionssystem .....	11
4.3 Släckutrustning.....	11
4.4 Vägledande markering och nödbelysning .....	11
4.5 Brandcellsindelning.....	11
4.6 Ventilation.....	12
4.7 Systematiskt brandskyddsarbete .....	12
4.8 Räddningstjänsten .....	12
5. Grovanalys .....	13
5.1 Statistik.....	13
5.2 Brandscenarier.....	14
5.1.1 A - Brand i förråd på läktaren.....	15
5.1.2 B - Brand i kiosk på läktare .....	15
5.1.3 C1 - Brand i multihallen .....	15
5.1.4 C2 - Brand i multihallen vid övernattnig.....	15
5.1.5 D - Brand i bowlinghallen .....	16
5.1.6 E - Brand i kök.....	16
5.1.7 F - Brand i Taekwondododjang .....	16
5.1.8 G - Brand i lilla idrottshallen .....	16
5.1.9 H - Brand i omklädningsrum .....	16

5.1.10 I - Brand i bastu .....	17
5.3 Riskmatris.....	17
6. Utvalda scenarier .....	19
6.1 Brand i förråd på läktaren (A) .....	19
6.1.1 Effektutveckling .....	19
6.2 Brand i bowlinghallen (D).....	20
6.2.1 Effektutveckling .....	20
6.3 Brand i lilla idrottshallen (G) .....	21
6.3.1 Effektutveckling .....	21
7. FDS-simuleringar.....	23
7.1 Brand i förråd på läktaren.....	23
7.2 Brand i bowlinghallen .....	24
7.3 Brand i lilla idrottshallen.....	26
8. Utrymning .....	29
8.1 Befintliga utrymningsmöjligheter .....	29
8.2 Människors beteende vid brand .....	31
8.3 Varseblivningstid .....	31
8.4 Förberedelsetid .....	32
8.5 Förflyttningstid.....	32
8.5.1 Brand i förråd på läktaren .....	32
8.5.2 Brand i bowlinghallen .....	35
8.5.3 Brand i lilla idrottshallen .....	36
8.6 Utrymningstid.....	37
9. Resultat .....	39
9.1 Brand i förråd på läktaren.....	39
9.2 Brand i bowlinghallen .....	39
9.3 Brand i lilla idrottshallen.....	40
10. Åtgärder .....	41
10.1 Brand i förråd på läktaren.....	41
10.1.1 Validering av åtgärd .....	41
10.2 Brand i bowlinghallen .....	43
10.2.1 Validering av åtgärd .....	43
10.3 Brand i lilla idrottshallen.....	44
10.3.1 Validering av åtgärd .....	44
10.4 Generellt .....	44



11. Känslighetsanalys .....	45
12. Diskussion.....	47
13. Slutsats .....	53
Referenser .....	55
Bilaga 1 – Beräkningar vid framtagning av effektutvecklingskurvor .....	I
Bilaga 2 – Varseblivningstid.....	V
Bilaga 3 – Handberäkning av förflyttningstid .....	IX
Bilaga 4 – Strålningsberäkningar .....	XI
Bilaga 5 – FDS, antaganden och motiveringar .....	XV
Bilaga 6 – Simulex.....	XXI
Bilaga 7 – Resultat från FDS vid ursprungssimuleringarna .....	XXIII
Bilaga 8 – Resultat från FDS efter åtgärder .....	XXXIX
Bilaga 9 – Naturlig ventilation.....	XLIX
Bilaga 10 – Vattendimma .....	LIII
Bilaga 11 – Känslighetsanalys varseblivningstid .....	LV
Bilaga 12 – Känslighetsanalys kolmonoxid.....	LVII
Bilaga 13 – Utrymningsplan .....	LIX
Bilaga 14 – Inputfiler till FDS .....	LXI



|

# 1. Inledning

Denna rapport behandlar personsäkerheten vid händelse av brand i Bråhögshallen, som är en multisportshall belägen i den pittoreska kommunen Staffanstorp. I denna idrottsanläggning finns det möjlighet att utöva diverse sporter såsom boxning, taekwondo, bowling och innebandy. Verksamheten riktar sig främst till ungdomar.

## 1.1 Syfte

Syftet med rapporten är att utvärdera personsäkerheten i Bråhögshallen i Staffanstorp vid händelse av brand.

## 1.2 Mål

Målet med rapporten är att utreda ifall det rådande brandskyddet och de tillgängliga utrymningsmöjligheterna uppnår kraven. Om personsäkerheten vid brand anses bristfällig ska åtgärdsförslag presenteras.

## 1.3 Metod

Arbetet med denna rapport inleddes med ritningsgranskning av objektet. Detta var främst för att få en uppfattning om objektets storlek och om hur verksamheten kunde tänkas vara utformad. Ritningarna var också ett hjälpmedel för att identifiera problemområden i byggnaden. Med granskningsarbetet som grund formulerades ett antal frågor att ställa vid det kommande platsbesöket. På plats genomfördes en rundvandring med syfte att få en bättre bild av byggnadens utseende och av verksamheten i sin helhet. Under rundvandringen kunde frågor ställas till medföljande representanter från räddningstjänsten, kommunen och från fastigheten. Efter rundvandringen genomfördes ett kortare möte där slutsatser från rundvandringen diskuterades. Diskussionen ledde fram till några möjliga brandscenarier, för att kunna välja ut och studera de mest relevanta delarna av byggnaden närmare. När detta möte var avslutat togs ytterligare en runda i byggnaden, för att samla in information i form av mått på dörrbredder, takhöjder och andra avstånd som kunde tänkas behövas i senare delar av arbetet.

Efter detta besök gjordes en grovanalys där ett antal tänkbara brandscenarier målades upp och bland dessa valdes tre scenario ut för vidare analys. De tre scenarierna valdes genom en sammanvägning av sannolikhet och konsekvens, något som även förtydligades i en riskmatris. För varje utvalt scenario skapades en effektkurva med hjälp av uppskattad brandbelastning, läsning om utförda försök och genom handberäkningar. De utvalda scenarierna utvärderades sedan genom datorsimuleringar, med syfte att avgöra tiden tills rådande förhållanden i lokalen kan anses kritiska för utrymnande personers säkerhet. I dessa datorsimuleringar ritades geometri för brandrum samt angränsande utrymmen upp för varje enskilt scenario. De tidigare framtagna effektkurvorna representerade de bränder som placerades på valda plats i simuleringegeometrierna.

För att kunna dra slutsatser angående utrymningssäkerheten i byggnaden jämfördes tid till kritiska förhållanden med tid till slutförd utrymning. Vid bestämmande av utrymningstiden uppskattades, beräknades och adderades varseblivnings-, förberedelse- och förflyttningstiden. Varseblivningstiden antogs motsvara tid till detektoraktivering och simulerades i programmet DETACT T2. Värde för förberedelsetiden hämtades från utförda experiment (BBRAD, 2013). För att uppskatta förflyttningstiden användes simuleringssprogrammet Simulex.

En känslighetsanalys genomfördes för att kontrollera hur mycket de parametrar som påverkar tidsmarginalen varierar, det vill säga få en bild av hur osäkra dessa är. Detta gjordes genom en one way-känslighetsanalys där en parameter i taget varierades.

Tidsmarginalen, ergo differensen mellan tid till kritiska förhållanden och utrymningstiden, för respektive scenario avgjorde om åtgärdsförslag borde tas fram. Åtgärdsförslag togs fram om denna tid vid beräkning resulterade i en negativ tid, det vill säga att alla personer i byggnaden inte hann ut innan kritiska förhållanden uppnåddes. De åtgärder som ansågs mest avgörande för utrymningen simulerades eller resonerades kring. Slutresultatet blev en punktlista med åtgärder, för att förbättra personsäkerheten vid utrymning, vid händelse brand.

#### 1.4 Avgränsningar

Denna rapport avgränsas till att fokusera på personsäkerhet och inte på ekonomiska och miljömässiga aspekter.

Konstruktionens hållfasthet behandlas ej, detta på grund av att utrymning sker i brandförloppets tidiga skede. Utrymning anses vara slutförd innan byggnadens hållfasthet påverkats till den grad att byggnadskollaps utgör en reell fara.

Inte heller brandspridning till andra byggnader avhandlas, då närliggande byggnader ligger på mer än 8 meters avstånd, vilket är ett krav (BBR, 2014).

## 2. Objektsbeskrivning

Bråhögshallen är belägen i centrala Staffanstorp. Hallen ägs och förvaltas av Staffanstorp Kommunfastigheter AB, som är en del av Staffanstorp Centrum AB, vars huvudsakliga uppgift är att äga och förvalta allmännyttiga verksamheter.

### 2.1 Verksamhet

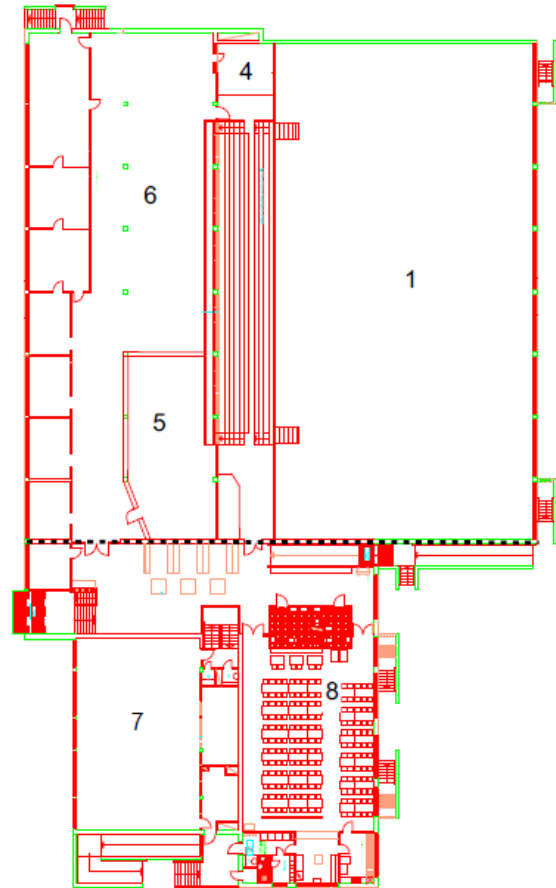
I denna multisporthall bedrivs diverse sportaktiviteter, exempelvis boxning, taekwondo, innebandy, bowling och skolidrottslektioner. Denna hall är framför allt inriktad på ungdomsverksamhet och flera olika föreningar anordnar träningar och aktiviteter här. Vid idrottsevenemang kan övernattnin ske i lokalen och årligen anordnas även ett disco. Bråhögshallen inrymmer ett kök med tillhörande matsal vilken tidigare användes till skolbespisning, en verksamhet med planer att återupptas inom kort.

### 2.2 Lokal

Lokalen består av två våningsplan och har formen av en större och en mindre rektangel, där en brandcellsgräns delar de två sektionerna. Den större rektangeln utgör byggnadens södra del och den nordliga delen utgörs av den mindre rektangeln. Den större delen innefattar bland annat en större idrottshall, en multisporthall inklusive en avdelning för boxning och en bowlinghall. På andra sidan brandcellsgränsen ryms en foajé, en taekwondodojang, en mindre idrottshall samt en matsal. I lokalen finns även diverse förråd, flera omklädningsrum med anslutning till bastu, kontor och reception. Figur 1 visar nedervåningen och figur 2 illustrerar lokalens övre våning.



Figur 1. Bråhögshallens nedervåning. Siffrorna markerar olika utrymmen och förklaras i tabell 1.



Figur 2. Bråhögshallens övervåningen. Siffrorna markerar olika utrymmen och förklaras i tabell 1.

Tabell 1. Beskrivning av figur 1 och 2.

NUMMER	UTRYMME
1	Stora hallen
2	Bowlinghallen
3	Taekwondodojangen
4	Förråd
5	Boxningshall
6	Multihallen
7	Lilla hallen
8	Matsalen
9	Kafeterian

Hallgolvet i den stora idrottshallen motsvarar storleken av fullstora spelplaner för idrotter såsom innebandy, handboll och basket. Längs ena långsidan finns en läktare som är uppbyggd av sex stycken gradängar med fasta bänkrader i trä. En kiosk är placerad innanför huvudingången till läktaren, och på motsatt sida finns ett förråd som tidigare var ett talarbås. Under läktaren finns ytterligare förråd, och även spelaringång. Tidigare har innebandyklubben som tränade här spelat på hög nivå, vilket drog stor publik. Detta medförde att den stora idrottshallen, som endast är dimensionerad för 150 personer gavs

alternativa lösningar på utrymningsvägar i form av nedfällbara trappor från läktarplats. Huvuddörren in till stora idrottshallen är försedd med dörrstängare och så är även dörren i källaren som leder in till denna lokal. Översiktsbilder från denna idrottshall finns att tillgå i figur 3 nedan.



Figur 3. Fotografier över stora idrottshallen. Längst till höger: läktaren med förråd längst bort. Mitten: hallgolvet. Längst till höger: en av två nedfällbara trappor som leder ned från läktaren.

Lokalen intill den stora idrottshallen, tillhörande samma brandcell, utgörs av en multisportshall som i dagsläget innehåller pingisbord och en avskärmd avdelning med boxningsring. Dörren från foajén in till multihallen, som är belägen i brandcellsgränsen är även den försedd med dörrstängare. Det är från multihallen som förrådet på läktaren i stora idrottshallen är tillgängligt.

Bowlinghallen ligger i lokalens nedre plan vilken är belägen under marknivå. Bowlinghallen rymmer åtta banor, en mindre reception med kafeteria samt ett omklädningsrum lokaliserad bakom senast nämnda. Längst ner i lokalen, där banorna slutar, finns ett maskinrum som hanterar klot och käglor. På golvet vid spelarplats finns datorer där resultat handhas.



Figur 4. Fotografi över bowlinghallen.

Taekwondodojungen är även den belägen i källaren och lokalen är nedsänkt ytterligare en bit under marknivå jämfört med källarplan. Detta innebär att dojangens golv nås via en nedåtgående trappa. Det finns ytterligare en väg ut från dojangen via en manuellt nedfällbar trappa som leder upp till en dörröppning ut ur byggnaden. Golvet i dojangen är täckt av en pusselmatta av polyetylenskum.

I anslutning till källarkorridoren finns även fyra omklädningsrum, vilka är spartanskt inredda med platsbyggda bänkar längs väggarna. I varje omklädningsrum finns även dörrar i bakkant som leder ut i det fria.

Byggnaden har även en mindre idrottshall dimensionerad för 100 personer med två tillhörande förråd för lagring av redskap. Denna idrottshall har en utrymningsväg ut direkt i det fria och en som går ut via foajén. Den mindre hallen är belägen på det övre planet och



Figur 5. Fotografier över den lilla idrottshallen.

nedan visas översiktsbilder från denna lokal.

Köket med tillhörande matsal är beläget intill den mindre idrottshallen på övre plan och utrymningsvägarna går antingen genom köket och direkt ut i det fria eller via foajén och ut.

### 2.3 Personal

Bråhögshallen är uppdelad i olika verksamheter som har sin egen personal. På platsen finns två vaktmästare som är anläggningsskötare. Vid evenemang kan externa funktionärer tillkomma och dessa kan då även vara ansvariga för viss del av säkerheten, bland annat för nedfällning av trappor från läktaren i den stora idrottshallen vid en utrymningsituation.

### 2.4 Ventilation

Ventilationssystemet i byggnaden är ett till- och frånluftssystem med återluft, ett så kallat FTX-system. Eftersom en del av frånluften filtreras och återanvänds som tilluft minskar värmekostnaderna i systemet. Renoveringar och ombyggnationer har genomförts i byggnaden, dock har ventilationssystemet inte uppdaterats eller anpassats efter förändringarna.



Det finns 5 tilluftsaggregat i byggnaden. Tilluftsaggregat 1 och 2 är belägna i ett fläktrum under läktaren till stora idrottshallen.

Tilluftsaggregat 1 som försör den stora hallen har en kapacitet om 14000 m<sup>3</sup>/h, och aggregat 2 som har kapaciteten 6000 m<sup>3</sup>/h är kopplat till multihallen. I den stora idrottshallen sker tillufts försörjningen via lågt placerade tilluftsdon längs två av väggarna som omger hallgolvet, samt via två återluftsdon under läktaren och två ovan läktaren. Bowlinghallen förses med tilluft via aggregat 3, där kapaciteten uppnår 3500 m<sup>3</sup>/h. I taket framför kafeterian sitter en rad med fyra tilluftsdon, och tilluft förs även via en kanal till slutet av bowlingbanorna. Frånluftsdon finns snett framför receptionen och frånluft samlas även upp i slutet av banorna. Bakom maskinrummet transporteras frånluft ut ur byggnaden.

Den mindre delen av lokalen, som bland annat innefattar foajén, lilla idrottshallen och taekwondodojangen, förses med luft via tilluftsaggregat 4 och 5. Aggregat 4 har en kapacitet om 8700 m<sup>3</sup>/h, och kapaciteten för aggregat 5 når 5000 m<sup>3</sup>/h. Dessa två tilluftsaggregat är belägna i ett utrymme utanför taekwondodojangen. Det finns tre tilluftsdon i den lilla idrottshallen, två är placerade i hallen och det tredje är beläget i ett anslutande förrådsutrymme. Två tilluftsdon finns i foajén, och tilluft leds även till matsalen och dess tillhörande kök.

## 2.5 Förenklad dimensionering

Sedan Bråhögshallen uppfördes har regelverket avseende brandskydd förändrats. Därmed gäller inte nuvarande regelverk förutom vid ombyggnation, men kan vid implementering leda till ökad säkerhet i byggnaden. Som en jämförelse ställs dagens krav gällande nybyggnationer av liknande slag mot byggnadens nuvarande brand- och utrymningssäkerhet.

Det studerade objektet tillhör verksamhetsklass 2B. Lokalen faller i denna kategori eftersom personerna i byggnaden inte förutsätts ha kännedom om varken lokalen eller utrymningsmöjligheterna, personerna antas ha förutsättningar att utrymma på egen hand samt att de kan förväntas vara vakna. Eftersom byggnaden avdelas med en enda brandcellsgräns, kan personantalet i varje brandcell förväntas överstiga 150 personer och byggnaden kommer att klassas som en samlingslokal.

I lokaler som tillhör verksamhetsklass 2B bör det finnas skyltar som anger maximala antalet personer som samtidigt får vistas i lokalen. Bänkrader bör inte vara bredare än 40 sittplatser då utrymning kan ske åt båda håll. Dörrar i eller till en utrymningsväg ska kunna öppnas med ett lättmanövrerat handtag.

Vid dimensionering av utrymningsplatser bör, om verksamhetsklass 2B råder, 1 % av det maximala personantalet förutsättas att vara i behov av en utrymningsplats. Eftersom flera utrymningsvägar i det aktuella objektet leder direkt till markplan finns det inget krav på utrymningsplats.

I en byggnad av verksamhetsklass 2B ska anordningar finnas för varning i händelse av brand och vid behov anordning för tidig upptäckt av brand. I byggnader som tillhör verksamhetsklass 2B finns endast krav på manuellt aktiverat utrymningslarm. Det finns rekommendationer i BBR (2014) om att utrymningslarm bör utgöras av talat meddelande. Dock är enklare varianter i form av exempelvis ringklocka eller siren tillåtna i aktuell verksamhetsklass.

Denna typ av samlingslokaler ska vara försedda med vägledande markeringar för utrymning, allmänbelysning och nödbelysning. Detta gäller även i utrymningsvägar från samlingslokaler och omedelbart utanför utgångar till det fria. Utrymningskyltar bör vara genomlysta eller belysta där det finns lagkrav på dessa och de bör då även vara försedda med nödbelysning.

För verksamhetsklassen finns även krav på att golvbeläggnings ska vara utförd med måttlig benägenhet till brandspridning och utveckling av brandgaser, med speciella krav i utrymningsvägar på material med begränsad benägenhet att sprida brand.

Utrymmen, som medför stor sannolikhet för att brand kan uppstå och där denna kan få stora konsekvenser för personsäkerheten vid utrymning, bör delas in i brandceller. Ett exempel på ett sådant utrymme är storkök och följaktligen bör matsalens tillhörande kök utgöra en egen brandcell. Det allmänna rådet som följer är att dessa brandcellsgränser bör utformas i minst brandteknisk klass EI 30.

Bråhögshallen tillhör byggnadsklass 2, vilket innebär att det är en byggnad med måttligt skyddsbehov. Byggnaden har två våningsplan, med samlingslokaler på båda plan. För byggnader med samlingslokal i verksamhetsklass 2B på andra våningsplanet är byggnadsklassen Br1, men eftersom det nedre planet är i källarplan och båda våningarna har dörrar i markplan klassas byggnaden som en Br2-byggnad (BBR, 2014).

### 3. Skyddsmål

För att uppfylla skyddsmålet ska samtliga personer som befinner sig i byggnaden vid händelse av brand kunna utrymma säkert. Med detta avses att rådande förhållanden inte överstiger de acceptanskriterier som redovisas i tabell 2, eller att det analytiskt kan bevisas att andra kriterier ger motsvarande eller högre säkerhetsnivå.

#### 3.1 Skadekriterier

I denna rapport kommer de skadekriterier som redovisas i tabell 2 nedan att användas som riktlinjer för vad som anses vara säker utrymning. Dessa kriterier är hämtade från BBRAD 3 (2013) och för att personsäkerheten vid händelse av brand ska säkerställas krävs det att inget av nedanstående kriterier överskrids innan fullbordad utrymning är genomförd.

Parametrarna kommer att mätas på en höjd av 1,8 meter ovan golv och utgör den höjd där personer kan tänkas påverkas av brandgaserna.

Tabell 2. Tabell över acceptanskriterierna, som denna analys bygger på.

KRITERIE	NIVÅ
Sikt (2 meter ovan golv)	10 meter
Värmestrålning	2,5 kW/m <sup>2</sup>
Temperatur	80°C
Värmedos	60 kJ/m <sup>2</sup> utöver energin från en strålningsnivå på 1 kW/m <sup>2</sup>
Toxicitet	CO < 2000 ppm CO <sub>2</sub> < 5% O <sub>2</sub> > 15%



## 4. Befintligt brandskydd

Platsbesöket genomfördes bland annat med syfte att bilda en uppfattning om det befintliga brandskyddet som finns i lokalen för att sedan kunna utvärdera dess funktion. Med detta som bakgrund kan eventuella åtgärdsförslag och förbättringar presenteras i senare delar av rapporten.

### 4.1 Brand och utrymningslarm

Ett automatiskt brand- och utrymningslarm finns installerat i lokalen och vid aktivering går larmet direkt till SOS Alarm och sedan vidare till räddningstjänsten, det vill säga ingen larmlagring sker. Centralapparaten är placerad i vaktmästarrummet i entrén. Vid aktivering av larm påkallas uppmärksamhet av de personer som befinner sig i lokalen med hjälp av ljudsignal från ringklockor. Vid detektoraktivering börjar utrymningslarm simultant att ljuda i hela byggnaden.

### 4.2 Detektionssystem

Bråhögshallen är försedd med rökdetektorer. På platsbesöket observerades det att detektorerna i korridoren på nedre plan var inneslutna i burliknande konstruktioner av metall. Denna skyddskonstruktion är monterad för att förhindra skadegörelse på detektorerna.

### 4.3 Släckutrustning

I Bråhögshallen finns ett antal handbrandsläckare och brandposter utplacerade. Det finns sammanlagt fyra stycken brandposter, varav tre stycken är placerade på nedre plan. En är placerad i verkstadsrummet längst ner i bowlinghallen och en är belägen i korridoren strax utanför taekwondodojangen. Den sista brandposten, som är belägen på det nedre planet är missgynnsamt placerad i ett förråd, och var vid platsbesöket svåråtkomlig då förrådsmaterial var placerat framför. På övre plan finns det en brandpost i multihallen.

### 4.4 Vägledande markering och nödbelysning

Vägledande markeringar är generellt placerade vid alla relevanta utgångar och riktningsändringar. I omklädningsrummen i källarplan och i boxningshallen saknades dock skyltning. Lagstadgade skyltar i Bråhögshallen är genomlysta, och kompletterande skyltar är i de flesta fall som minst upplysta. Nödbelysning saknas i lokalen.

### 4.5 Brandcellsindelning

Bråhögshallens brandcellsindelning utgörs av en brandcellsgräns i byggnadens mitt, som separerar byggnaden i en nordlig och en sydlig del. Denna cellgräns har den brandtekniska klassningen EI 30.

Bowlinghallen är avskärmd från källarkorridoren med en brandcellsvägg med klassning EI 15. Denna vägg har tidigare innefattat glasrutor, vilka idag har blivit övertäckta med spånskivor för att uppnå brandcellsclassningen. I denna vägg är även en dörr placerad, men på grund av övermålning är klassningen på denna inte känd. Brandcellsväggen förhindrar rökspridning ut i korridoren, men förhindrar inte röken från att sprida sig upp i foajén via trappan till huvudingången. Då foajén tillhör en annan brandcell innebär detta att brandrök kan spridas över en tänkt brandcellsgräns.

#### 4.6 Ventilation

När tillräckligt stora öppningar i form av exempelvis dörrar och fönster saknas i en för övrigt begränsad volym kan spridning av brandgaser via ventilation vara ett problem. Brandens storlek har en avgörande betydelse för spridningsrisken via ventilationen. Brandeffekten skapar en volymexpansion, vilken kan beskrivas som ett brandflöde. Brandflödet kan förenklat beskrivas med ekvation 1.

$$q_b = \frac{R \cdot Q}{p \cdot c_p \cdot M} \quad \text{ekvation 1}$$

Det ökade trycket som följer av volymexpansionen i brandrummet påverkar ventilationsflödet. Om påverkan är tillräckligt stor kan ett eller flera flöden ändra riktning, och då sker brandgasspridning.

I Bråhögshallen är ventilationssystemet gammalt och brandgasspjäll saknas. Detta gör att rök potentiellt kan spridas i byggnaden via ventilationen och då även över brandcellsgränser. Det finns endast ett fåtal dörrstängare i lokalen och dessa är inte placerade så att de helt kan förhindra brandgasspridning via öppningar i de studerade scenarierna. Då dessa öppningar är större än ventilationskanalerna kommer röken att spridas i huvudsak via dessa snarare än via ventilationskanalerna och av denna anledning kommer inte brandgasspridning via ventilationssystemet att analyseras vidare i denna rapport.

#### 4.7 Systematiskt brandskyddsarbete

Fastighetsskötaren sköter det systematiska brandskyddsarbetet tillsammans med sin förvaltare Core och Svenska Kidde som genomför viss kontroll, bland annat står de för kontrollen av gällande utrymningsplan, se bilaga 13. Fastighetsskötaren gör en daglig kontroll, men denna dokumenteras inte.

Den utarbetade organisationen vid brand är begränsad då det är en uppdelad verksamhet med få anställda som befinner sig i lokalen på daglig basis. Utrymningsövningar utförs enligt uppgift ej, eftersom de personer som vistas i byggnaden inte kan anses återkommande i tillräckligt stor utsträckning.

#### 4.8 Räddningstjänsten

Räddningstjänsten i Staffanstorp har en snabb utryckningstid och responstiden för en fullskalig utryckning uppskattas understiga 10 minuter.

## 5. Grovanalys

Grovanalysen utgörs av en kvalitativ bedömning av troliga brandscenarier i skyddsobjektet vilka sedan bedöms efter värsta möjliga konsekvens och efter sannolikheten att respektive scenario inträffar. Utifrån denna analys beslutas vilka scenarier som bör utvärderas vidare med avseende på personsäkerheten vid händelse av brand.

Varje scenario tilldelas en siffra som värderar hur stor sannolikheten är att scenariot inträffar och en siffra för hur stor konsekvensen förväntas bli. Dessa värden ges efter kvalitativa grunder och en stor konsekvens med låg sannolikhet anses allvarligare än om motsatt förhållande råder. Konsekvensen definieras efter hur branden kommer att påverka personsäkerheten. En högre siffra innebär allvarligare konsekvens och sannolikhet. Ovanstående görs för att kunna jämföra de olika scenarierna och för att därefter kunna rangordna dessa efter hur allvarliga de är. Tabell 3 beskriver vad de olika siffrorna står för.

Tabell 3. Definition av hur sannolikhet och konsekvens för ett scenario värderas.

VÄRDE	SANNOLIKHET	KONSEKVENNS
1	Mycket låg	Mycket lindriga personskador
2	Låg	Lindriga personskador
3	Medel	Måttliga personskador
4	Hög	Allvarliga personskador
5	Mycket hög	Mycket allvarliga personskador/dödsfall

Nedan ges en förtydligande förklaring till vad de olika värdena för konsekvenserna innebär:

1. En liten andel av personer som befinner sig i byggnaden får skador som ej behöver läkarvård.
2. En något större andel än kategori 1 av personer som befinner sig i byggnaden får skador som kan åtgärdas på plats av medicinsk personal.
3. Enstaka personer behöver föras till sjukhus med måttliga skador.
4. Flertalet människor behöver föras till sjukhus, varav enstaka med allvarliga skador.
5. Flertalet människor behöver föras till sjukhus i kritiskt tillstånd och dödsfall kan förekomma.

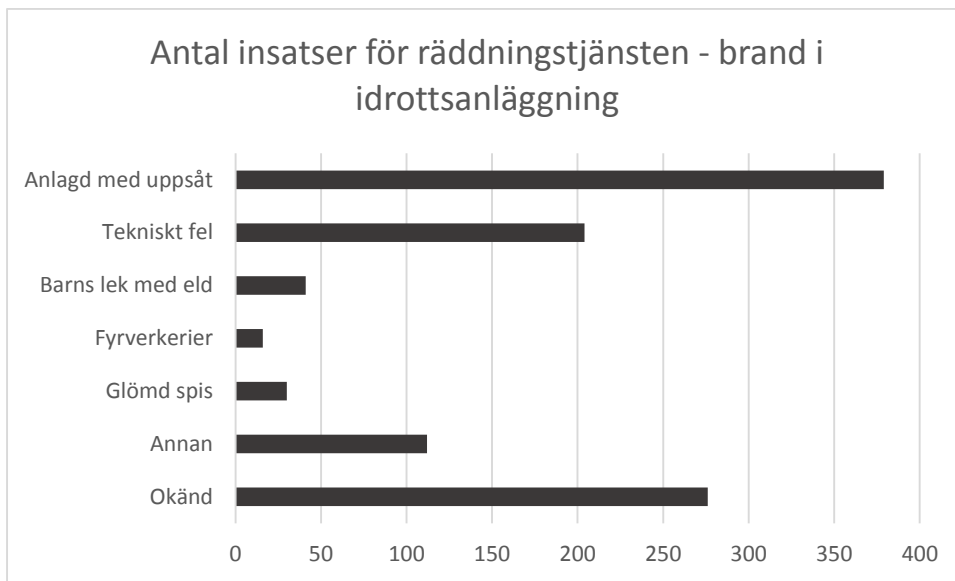
### 5.1 Statistik

I Bråhögshallen har brand uppstått två gånger tidigare. Båda dessa kan rubriceras som anlagda. Den ena branden startade i en bastu i anslutning till ett av omklädningsrummen, där ett tygstycke hade lagts över värmeaggregatet. Vid tiden för författandet av denna rapport är ingen bastu upplåst och igång på daglig basis, men det uppges att de kan komma i bruk vid behov, exempelvis under taekwondotävlingar.

Det andra tillbudet var en förrådsbrand i lilla idrottshallen. Enligt uppgift anträdde någon idrottshallen via den utrymningsdörr som går direkt ut i det fria, och antände material i förrådet. Båda tillbudena inträffade för mer än 15 år sedan, och sedan dess har inget brandtillbud inträffat i Bråhögshallen.

Anlagda bränder är den vanligaste orsaken till räddningstjänstinsats i idrottshallar enligt statistik över hela landet (MSB, 2013). I figur 6 framgår några av de vanligaste

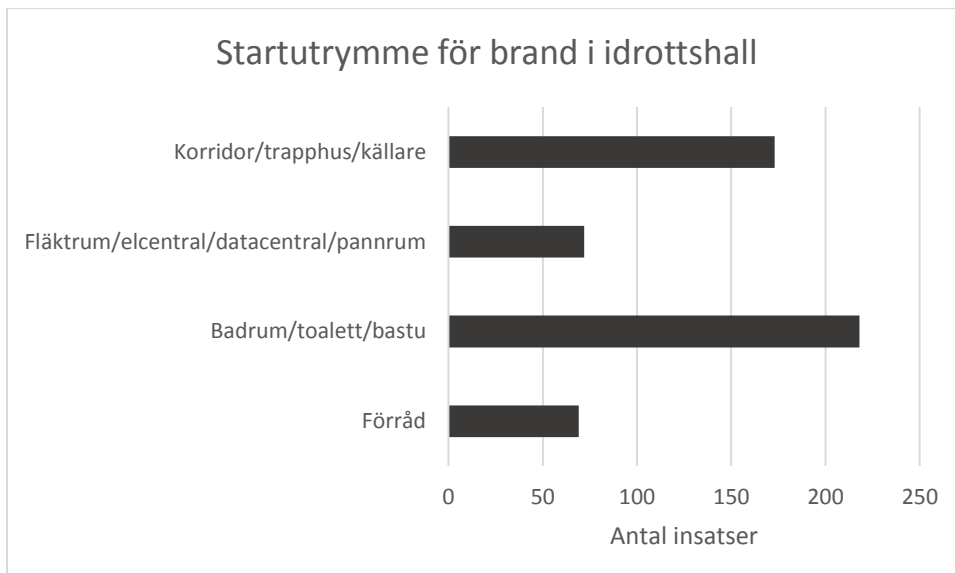
brandorsakerna i idrottshallar i Sverige mellan 1998 och 2013 som räddningstjänst blivit kallade till (MSB, 2013).



Figur 6. Antal insatser för räddningstjänsten i Sverige mellan år 1998 och år 2013. Insatserna är kategoriserade efter brandorsak (MSB, 2013).

Anmärkningsvärt är att en relativt stor andel bränder i idrottsanläggningar hamnar i kategorierna okänd och annan. Tekniskt fel står också för en betydande del av bränderna, men är en kategori som bör sättas i relation till hur mycket teknisk utrustning anläggningen har.

De bränder som uppstår i idrottshallar uppstår oftast i badrum, toalett eller bastu. I figuren nedan visas några av de vanligaste startutrymmena för brand i idrottshallar.



Figur 7. Startutrymmen vid brand i idrottsanläggning i Sverige under åren 1998 och 2013 (MSB, 2013).

## 5.2 Brandscenarier

En brand kan uppstå på olika platser i eller omkring en byggnad och antändningskällan kan variera. I denna rapport har några tänkbara scenarier involverande brand valts ut och



beskrivits. Sannolikheten och konsekvensen för de brandscenarier som presenteras i detta avsnitt har uppskattats kvalitativt, där tabell 3 beskriver vad dess tilldelade värde innebär. Vid uppskattandet av sannolikhet har även innehållet i avsnitt 5.1 Statistik tagits i beaktning.

#### 5.1.1 A - Brand i förråd på läktaren

Bredvid läktaren i den stora idrottshallen finns ett förråd med ingång från multihallen och fönster som vetter ut mot idrottshallen. Konsekvensen av en brand som startar här kommer att bli allvarlig då brandgasspridning kommer att ske både till idrottshallen och till multihallen. Detta kommer att försvåra utrymningen från lokalen, dels eftersom den utrymningsväg från läktaren som är lokaliserad alldeles intill förrådet (brandrummet) kan blockeras av brand, dels eftersom både utrymningsväg via multihall såväl som via läktare ut i foajé kommer att rökfyllas. Sannolikheten att det inträffar är låg då det inte finns många naturliga antändningskällor i ett vanligt förråd, dock tyder statistik på att anlagd brand med uppsåt är den vanligaste brandorsaken i idrottshallar, se figur 6 i avsnitt 5.1 Statistik.

Konsekvens: 5

Sannolikhet: 2

#### 5.1.2 B - Brand i kiosk på läktare

En brand som startar i kiosken kommer att få mindre allvarliga konsekvenser än ovanstående scenario eftersom brandgasspridning inte kommer att ske ut i multihallen, utan endast ut i idrottshallen. Huvudentrén in till den stora idrottshallen är försedd med dörrstängare och spridning ut i foajén kommer därmed inledningsvis inte att ske. Denna brand slår dock direkt ut en utrymningsväg och sker i det utrymme i lokalen som rymmer flest antal människor. Sannolikheten för detta scenario ges samma som för ovanstående på samma grund.

Konsekvens: 3

Sannolikhet: 2

#### 5.1.3 C1 - Brand i multihallen

I multihallen finns idag pingisbord och även en inbyggd avdelning för boxning, vilken även inkluderar en boxningsring. Konsekvensen av en brand här blir medelhög då en viss mängd brännbart material finns, men branden kommer att begränsas till detta utrymme. Här finns även en utrymningsväg direkt ut i det fria. Sannolikheten för detta scenario ges samma som för ovanstående.

Konsekvens: 3

Sannolikhet: 2

#### 5.1.4 C2 - Brand i multihallen vid övernattning

Detta scenario är samma som ovanstående så när som på att i detta scenario nyttjas denna lokal till övernattning. Konsekvensen av en brand här kan då komma att bli mer omfattande, då människor inte kan antas vara vakna, och därför ges detta scenario en högre siffra för konsekvens än för scenariot ovan. Sannolikheten för att detta ska ske är densamma som för scenariot utan övernattning.

Konsekvens: 4

Sannolikhet: 2

#### 5.1.5 D - Brand i bowlinghallen

Konsekvensen av en brand i bowlinghallen kan bli hög. Här finns en del brännbart material, lokalen är placerad i källaren och korridoren utanför har lågt i tak. En av utrymningsvägarna går via maskinrummet och ut och denna var vid besöket delvis blockerad av diverse strömmaterial. Då bowlinghallen är en egen brandcell enligt uppgift bör även detta scenario analyseras, för att en fullständig analys av objektet ska vara genomförd. Sannolikheten för detta scenario är medelhögt då ett möjligt starutrymme i form av en spis är belägen i ett utrymme bakom receptionen.

Konsekvens: 4

Sannolikhet: 3

#### 5.1.6 E - Brand i kök

Vid händelse av brand i köket kommer konsekvenserna till följd av detta att bli relativt låg då denna lokal inte inrymmer så mycket brännbara material. I köksmiljö likt denna är dock sannolikheten att brand uppstår hög, vilket kan ses i figur 6.

Konsekvens: 2

Sannolikhet: 4

#### 5.1.7 F - Brand i Taekwondododjang

Konsekvensen av en brand i denna lokal anses bli medelhög. Golvmaterialet och det låga taket i korridoren utanför innebär viss problematik, men utrymmet är litet och lättöverskådligt samt har utrymningsväg direkt till det fria. Sannolikheten för brand i denna lokal är låg då här inte finns många naturliga källor till antändning.

Konsekvens: 3

Sannolikhet: 2

#### 5.1.8 G - Brand i lilla idrottshallen

Konsekvensen av en brand i lilla idrottshallen kan komma att bli medelhög om brandgasspridning till foajén sker. På så vis kan en viktig utrymningsväg slås ut. Via foajén sker nämligen utrymning från flera andra lokaler. I den lilla idrottshallen finns ett redskapsförråd som innehåller en del brännbara material. Sannolikheten för att detta sker antas vara låg då här inte finns många naturliga källor till antändning, dock har en brand anlagts här förut.

Konsekvens: 4

Sannolikhet: 2

#### 5.1.9 H - Brand i omklädningsrum

I omklädningsrummen fanns inte så mycket brännbart material och därför antas att en brand som startar här bli mindre omfattande. Dock är sannolikheten för att detta inträffar hög då de tidigare har haft problem med anlagda bränder och statistik visar på att detta är ett av de vanligaste startutrymmena för bränder i idrottshallar, se figur 7.

Konsekvens: 1

Sannolikhet: 3

### 5.1.10 I - Brand i bastu

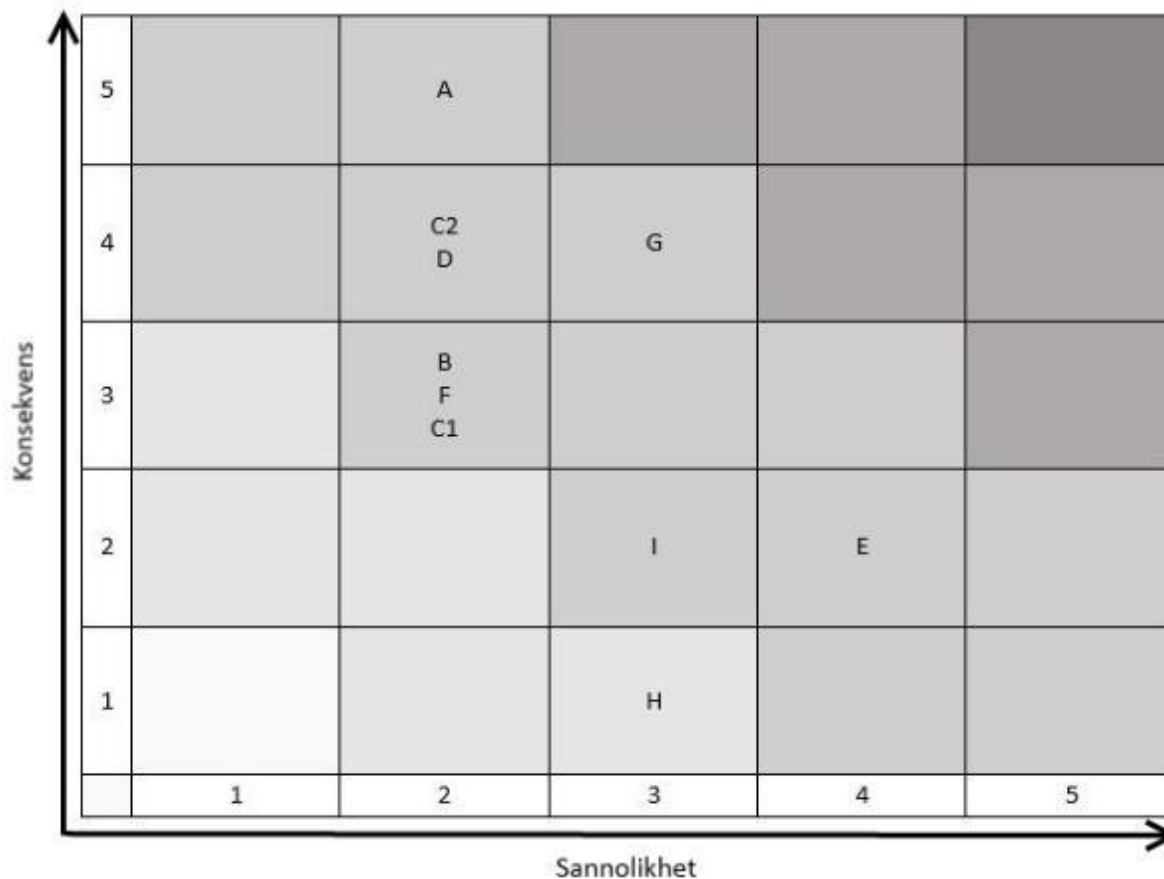
Konsekvensen av en brand i bastun är låg då en sådan brand blir begränsad. Något som förvärrar situationen är att denna är placerad i källaren med lågt i tak. Sannolikheten för detta scenario är medelhög på grund av att bastun inte används frekvent längre, utan bara vid speciella tillfällen, på grund av tidigare problem med anlagd brand. Statistik från idrottshallar visar dock på att bastu tillhör ett av de vanligaste startutrymmena, se figur 7.

Konsekvens: 2

Sannolikhet: 3

### 5.3 Riskmatris

För att få en tydligare bild av hur scenarierna förhåller sig till varandra presenteras dessa i en riskmatris, se figur 8 nedan. De scenarier som ligger högt upp till höger i matrisen är de mest utmanande för den personliga säkerheten i skyddsobjektet vid händelse av brand och det är dessa som bör väljas för vidare analys. Ett scenario med hög konsekvens och låg sannolikhet kommer att värderas som allvarigare, än ett scenario med hög sannolikhet och låg konsekvens.



Figur 8. Riskmatris över scenarierna från grovanalysen, där varje scenario tilldelades en bokstav. Högre siffra betyder högre sannolikhet/värre konsekvens.



## 6. Utvalda scenarier

Utifrån grovanalysen bestämdes det att det är nedanstående scenario som bör analyseras vidare:

- Brand i förråd på läktaren (A)
- Brand i bowlinghallen (D)
- Brand i lilla idrottshallen (G)

Ovanstående scenarier valdes på grund av att de ligger högt upp i riskmatrisen. Dessa scenarier kommer alltså att vara utmanande för utrymningssäkerheten i byggnaden. Vid händelse av brand kan de tre olika scenarierna leda till svåra konsekvenser. Flera av de scenarier som presenterats i avsnitt 5 påverkar särskilt betydelsefulla utrymningsvägar. I valet av scenarier att studera vidare fanns även i åtanke vilka ursprungsscenarioer som påverkar säkerheten vid brand på liknande sätt. Problematiken i enskilda ursprungsscenarioer hamnar i vissa fall under något av de tre utvalda scenarierna, och på så sätt ges en heltäckande bild av utrymningssäkerheten i byggnaden.

### 6.1 Brand i förråd på läktaren (A)

Branden i förrådet på läktaren anses vara det värsta av scenarierna, då brand i detta förråd hade lett till brandgasspridning till två lokaler samtidigt. I detta scenario kan flest antal personer tänkas vara involverade eftersom den stora idrottshallen är det utrymme i byggnaden som enskilt rymmer flest människor. Detta scenario rankas högre än brand i multihallen under övernattning på grund av den högre brandbelastningen och att antalet människor förväntas vara fler i den stora idrottshallen än i multihallen. Eftersom det förväntas att brand på läktarförrådet leder till brandgasspridning även i multihallen kan resultaten från detta scenario även ge en bild av hur förhållandena i multihallen blir.

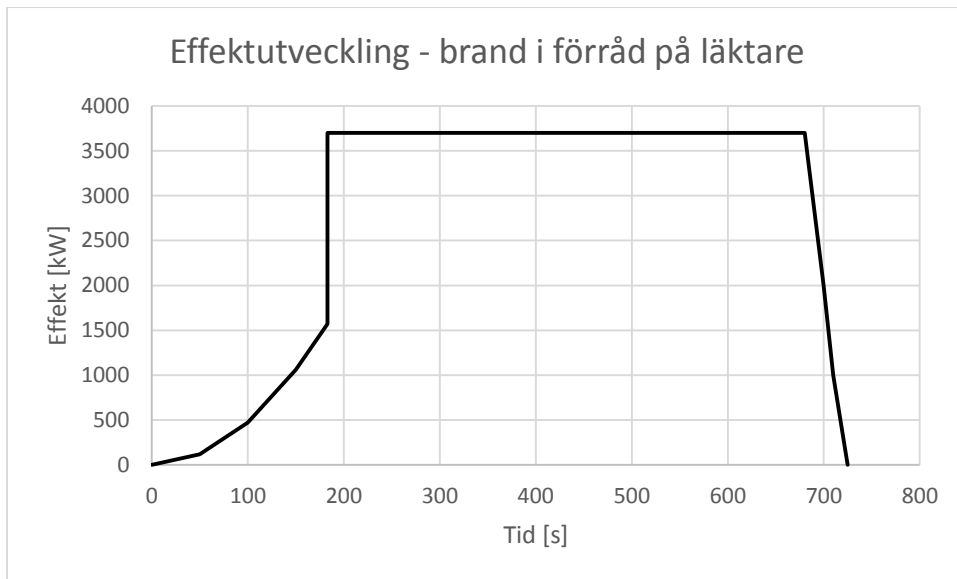
#### 6.1.1 Effektutveckling

Förrådet hyrs för tillfället av Staffanstorps bordtennisklubb och innehåller enligt uppgift bland annat pingisbord och övrigt material som krävs vid sportens utförande. Det brännbara material som kan tänkas finnas i detta utrymme, anses motsvara en stapel träpallar med en höjd på 1,22 meter. Den maximala effekt som kan uppnås då bränslemängden är den begränsade faktorn är 3700 kW, se bilaga 1.

Då bränslet är den begränsande effekten antas brandtillväxten följa ekvation 2 nedan med en tillväxthastighet motsvarande ”fast” fram tills dess att övertändning sker.

$$\dot{Q} = \alpha \cdot t^2 \quad \text{ekvation 2}$$

Motiverande beräkningar för framtagande av den effektutvecklingskurva som illustreras i figur 9 finns att tillgå i bilaga 1. Tid tills brand upphör beräknades genom att dividera den maximala effekten med det maximala energiinnehållet för det brännbara materialet.



Figur 9. Effektutvecklingen för den dimensionerande branden i det förråd som är lokaliserat på läktaren i den stora idrottshallen.

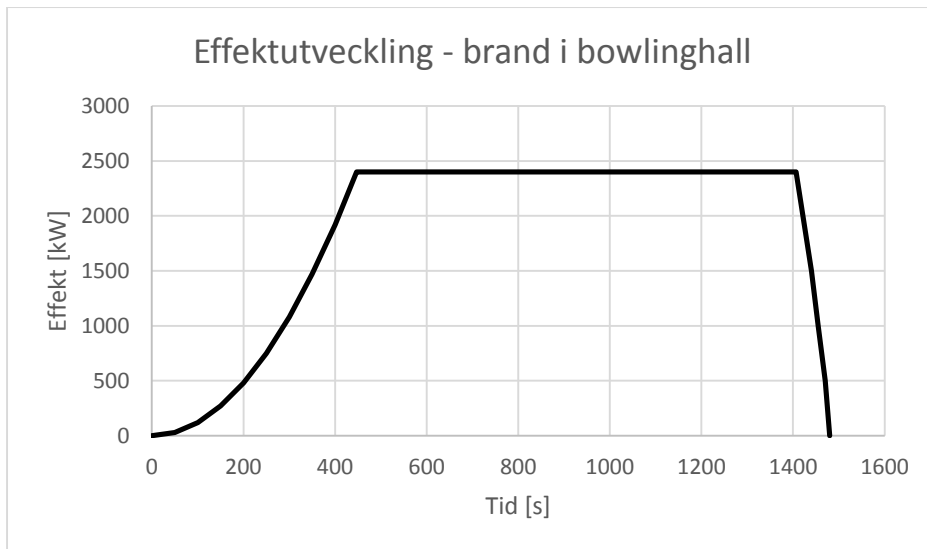
## 6.2 Brand i bowlinghallen (D)

Brand i bowlinghallen valdes som det värsta troliga scenariot på bottenplan, ett scenario som även påverkar viktiga utrymningsvägar vid andra brandsituationer på detta plan. Detta utrymme rymmer mest brännbart material och då det är lågt i tak på nedre plan bör ett brandscenario analyseras här. Det finns dessutom två trappuppgångar nära bowlinghallen som leder upp till foajén. Genom att välja bowlinghallen täcks även rökspridning in via två uppgångar, istället för enbart en om taekwondodojangen eller omklädningsrummen valts. Detta görs för att kunna kontrollera om säker utrymning är möjlig utifrån de förutsättningar som finns i dagsläget.

### 6.2.1 Effektutveckling

Branden antas starta vid spisen bakom receptionen. Utrymmet likställs med ett kontor då receptionen innehåller liknande material. Vid beräkningar visade det sig att denna brand kommer att vara bränslekontrollerad och övertändning kommer inte att ske. Detta och övriga beräkningar vid framtagande av effektutvecklingskurvan hittas i bilaga 1.

Vid bestämning av den dimensionerande branden till detta scenario, som också den följer ekvation 2 fram tills att den maximala effekten uppnås, förenklas tillväxthastigheten till att motsvara en konstant ökning med en hastighet som motsvarar medium. Hänsyn tas alltså inte till hur branden sprider sig från ett föremål till ett annat. Figur 10 illustrerar den effektutvecklingskurva som beskriver brandförloppet.



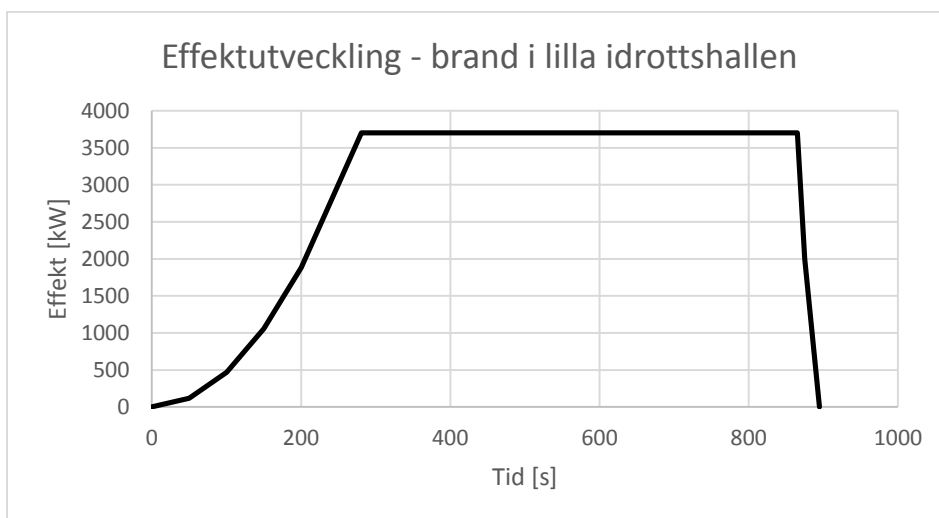
Figur 10. Effektutvecklingen för den dimensionerande branden i receptionen i bowlinghallen.

### 6.3 Brand i lilla idrottshallen (G)

Då konsekvensen av en brand i lilla idrottshallen antas bli större än en brand i köket valdes scenario G. Konsekvensen blir värre på grund av större brandbelastning, vilket leder till mer rökproduktion och därmed svårare utrymningsförhållanden. Brand i köket påverkar utrymning via foajén, vilket även brand i lilla idrottshallen gör. Denna problematik kan alltså täckas in av endast ett scenario, scenario G. Foajén är en av byggnadens viktigaste utrymningsvägar, då denna bland annat innefattar huvudentrén.

#### 6.3.1 Effektutveckling

För branden i den lilla idrottshallen antas tillväxtfasen följa ekvation 2 med tillväxthastigheten ”fast”. Materialet i förrådet uppskattas motsvara träpallar staplade på en höjd av 1,22 meter. Den maximala effekt som kan uppnås hämtas även den från resultat från utförda experiment och uppgår till 3700 kW, se bilaga 1. Enda skillnaden mellan effektutvecklingskurvan för förrådet i den stora och lilla idrottshallen är att i det senare fallet kommer inte övertändning att inträffa. Effektutvecklingskurvan för den dimensionerande branden i förrådet i den lilla idrottshallen illustreras i figur 11.



Figur 11. Effektutvecklingen för den dimensionerande branden i förrådet i den lilla idrottshallen.





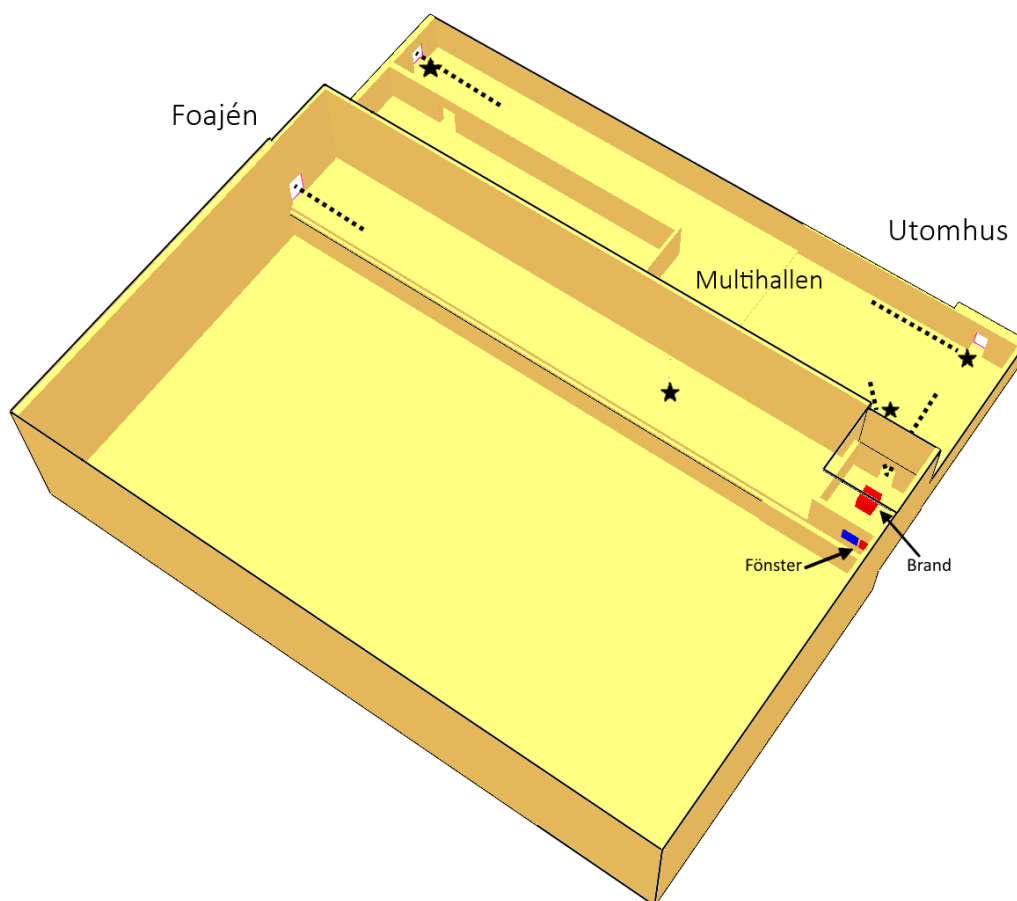
## 7. FDS-simuleringar

För att kunna erhålla ett värde för tiden till kritiska förhållanden för respektive scenario simulerades dessa i datorprogrammet FDS. I programmet byggdes väsentlig geometri upp och relevanta mätinstrument placerades ut. Vidare motiveringar och antagande gällande FDS finns att tillgå i bilaga 5. Dessa utgjordes av termperaturmätare, instrument för siktmätning och instrument för mätning av koldioxid- och kolmonoxidhalt. Mätpunkter placerade på 1,8 meters höjd ovan golv. Den tid som presenteras för respektive scenario är den kortaste tid innan kritiska förhållanden råder.

### 7.1 Brand i förråd på läktaren

I detta avsnitt presenteras resultatet från simuleringarna i FDS för brandförloppet i det förråd som ligger i anslutning till läktaren i den stora idrottshallen.

I ursprungsscenario startar branden i förrådet och vid övertändning krossas rutorna i detta förråd. Uppställningen illustreras i figur 12, där branden och fönster in till förrådet är markerade. Termoelementträden är markerade med stjärnsymboler, och siktmätare illustreras med streckade linjer.



Figur 12. Uppställning i den stora idrottshallen vid ursprungsscenario. Stjärnsymbolerna markerar termoelementträd. De streckade linjerna representerar de utplacerade siktmätarna. Fönstren krossas vid övertändning i förrådet, där branden är placerad. Bilden är tagen ur FDS.

Den parameter som först kommer att leda till kritiska förhållanden i detta scenario är sikten, se tabell 4. Detta kriterium överskrids redan efter 2 minuter ute i multihallen. På läktaren i den stora idrottshallen kommer kriteriet inte att överskridas inom simuleringstiden.

Efter 3 minuter överskrids den kritiska temperaturen i multihallen och kring förrådet kommer höga temperaturer att uppnås. Inne på läktaren, där det är högt i tak, kommer det inte att råda kritiskt höga temperaturer.

Kriteriet för kolmonoxid kommer inte att överskridas i något utrymme under brandförloppet. Inne i stora idrottshallen överskrids inte heller kriteriet för koldioxid under simuleringstiden. Detta kriterium överskrids dock efter 4,5 minuter ute i multihallen där det är lägre i tak och där brandgaslagret följaktligen når lägre.

I detta scenario uppstod kritiska förhållanden, vad gäller strålning, i multihallen och även kriteriet för värmedos överskreds i detta utrymme, se bilaga 4.

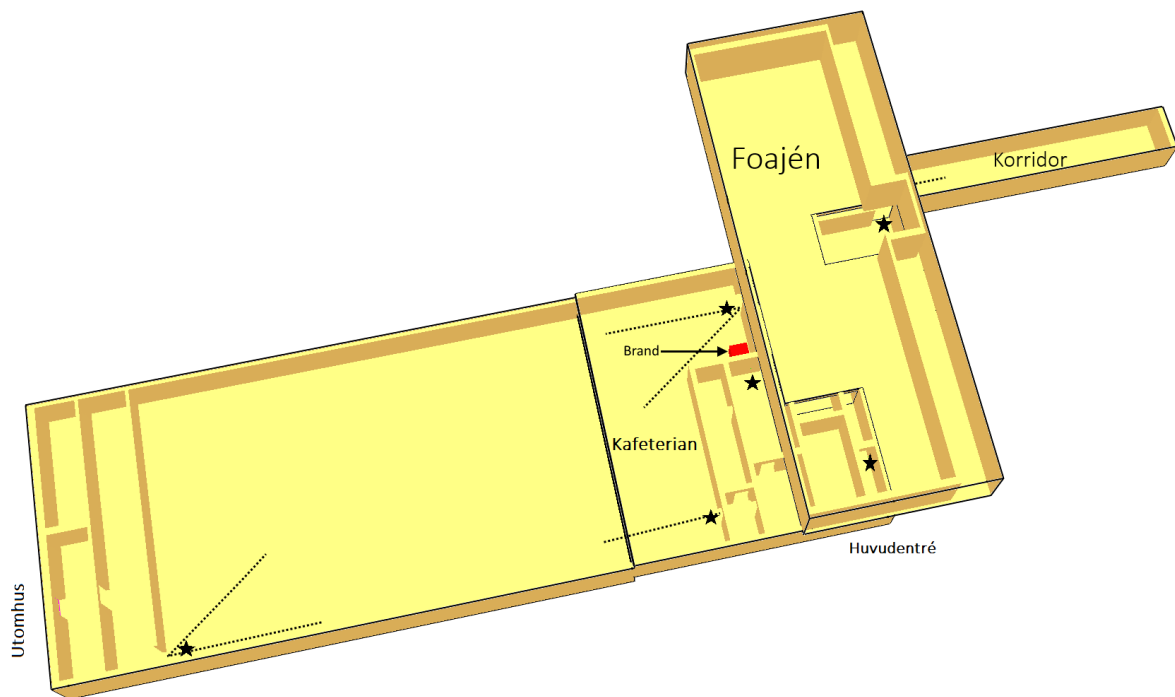
Tid till kritiska förhållanden presenteras översiktligt i tabell 4. Kompletta resultat från simuleringarna hittas i bilaga 7.

Tabell 4. Resultat från simuleringen i FDS för förrådet som ligger på läktaren i den stora idrottshallen.

Utrymme	TID TILL KRITISKA FÖRHÅLLANDEN [MIN]			
	Temperatur	Sikt	CO	CO <sub>2</sub>
Läktare	–	–	–	–
Multihallen vid utgång vid läktarförråd	4,5	2	–	4,5
Multihall vid utgång direkt ut i det fria	3	2	–	4,5
Multihall utgång till foajé	4,5	2,5	–	5,5

## 7.2 Brand i bowlinghallen

Uppställningen i FDS för den dimensionerande branden i bowlinghallen illustreras i figur 13. Stjärnsymbolerna i figuren markerar termoelementträd och de streckade linjerna visar vart siktmätare har placerats. Brandens placering är även den angiven i figuren.



Figur 13. Uppställning i bowlinghallen vid ursprungsscenario. Stjärnsymbolerna markerar termoelementträd. De streckade linjerna representerar de utplacerade siktmätarna. Bilden är tagen ur FDS.

Tiden tills acceptanskriteriet för temperatur överskrids, alltså 80°C, är 3 minuter. Detta inträffar vid huvudingången till bowlinghallen, den utrymningsväg som ligger närmast branden. Vid den andra ingången, lokaliserad bredvid kafeterian kommer den kritiska temperaturen att uppnås efter 3 och en halv minut.

Den första mätpunkt där kriteriet för sikt överskrids är vid huvudingången följt av den mätpunkt som är belägen bredvid kafeterian och därefter vid den smala gången som löper parallellt med bowlingbanorna. Sikten är den parameter som först överskrider sitt acceptanskriterium, och är det enda skadekriterium som överskrids i alla mätpunkter någon gång under simuleringstiden.

Kritiska nivåer av kolmonoxid uppnåddes inte i detta scenario, vilket kan avläsas i tabell 5. Skadekriteriet för koldioxid uppnåddes vid huvudingången först efter 6,5 minuter. Skadliga koldioxidhalter uppnåddes inte någon annanstans i byggnaden under simuleringstiden.

Eftersom värmestrålningen från brandgaslagret understiger 1 kW/m<sup>2</sup> uppnås ingen kritisk värmedos vid utrymning, se bilaga 4.

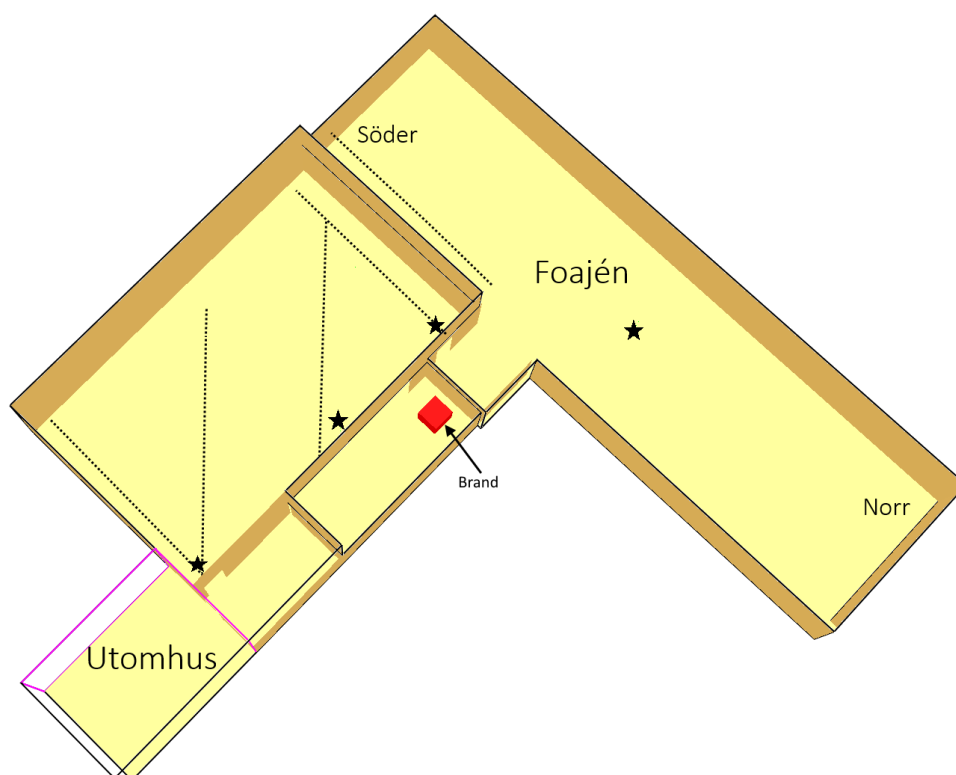
I tabell 5 nedan visas tid tills kritiska förhållanden för respektive parameter och denna tid anges i minuter. Samtliga termoelement, siktmätare och genomskärningsfiler motiveras och redovisas i bilaga 7.

Tabell 5. Resultat från grundsimuleringen i FDS för bowlinghallen.

BRAND I BOWLINGHALLEN		TID TILL KRITISKA FÖRHÅLLANDEN [MIN]		
Utrymme	Temperatur	Sikt	CO	CO <sub>2</sub>
Huvudingång	3	1,5	-	6,5
Utgång bredvid kafeterian	3,5	2	-	–
Utgång längs med banorna	7	3,5	–	–
Trappuppgång till foajé	–	4	–	–
Trappuppgång till huvudentré	–	4	–	–

### 7.3 Brand i lilla idrottshallen

Under denna rubrik presenteras resultatet från simuleringarna i FDS för det scenario där brandförloppet startar i förrådet som är beläget inne i den lilla idrottshallen. Uppställningen illustreras i figur 14, där termoelementträd är markerat med stjärnor och siktmätare representeras av de streckade linjerna.



Figur 14. Uppställning av den lilla idrottshallen vid ursprungsscenario. Stjärnsymbolerna markerar termoelementträd. De streckade linjerna representerar de utplacerade siktmätarna. Bilden är tagen ur FDS.

Acceptanskriteriet för temperatur överskrids inne i idrottshallen efter 3,5 minut, både vid utgång via uteförrådet och vid utgång till foajén. I foajén utanför uppnås aldrig denna kritiska temperatur, se tabell 6.

Även acceptanskriteriet vad gäller sikt överskrids och detta sker efter 2,5 minuter inne i den lilla idrottshallen. Ute i foajén dröjer det ytterligare 2 minuter innan kriteriet överskrids.

I den lilla idrottshallen uppnås även kritiska halter av koldioxid och detta sker då brandförloppet har fortgått i 4,5 minut. Ute i foajén överskrids denna halt efter 5 minuter. Kolmonoxidhalten når inte kritiska nivåer inom simuleringstiden.

Strålningsnivån från brandgaslagret i lilla idrottshallen är högre än 1 kW/m<sup>2</sup>, och därmed måste kontroll av värmedos genomföras. Dock visar vidare beräkningar, presenterade i bilaga 4, att värmedosen ej överstiger kritiska nivåer.

Resultaten redovisas i tabell 6 nedan och tiden anges i minuter. Det är endast sikten som anses problematisk i alla mätområden. För motiverande figurer och tabell se bilaga 7.

Tabell 6. Resultat från grundsimuleringen i FDS för förrådet som ligger i den lilla idrottshallen.

**BRAND I LILLA  
IDROTTSHALLEN**

**TID TILL KRITISKA FÖRHÅLLANDEN [MIN]**

<b>Utrymme</b>	<b>Temperatur</b>	<b>Sikt</b>	<b>CO</b>	<b>CO<sub>2</sub></b>
Utgång via uteförråd	3,5	2,5	–	4,5
Utgång till foajé	3,5	2,5	–	5
Utgång norra delen av foajén	–	4,5	–	–
Utgång södra delen av foajén	–	4,5	–	–

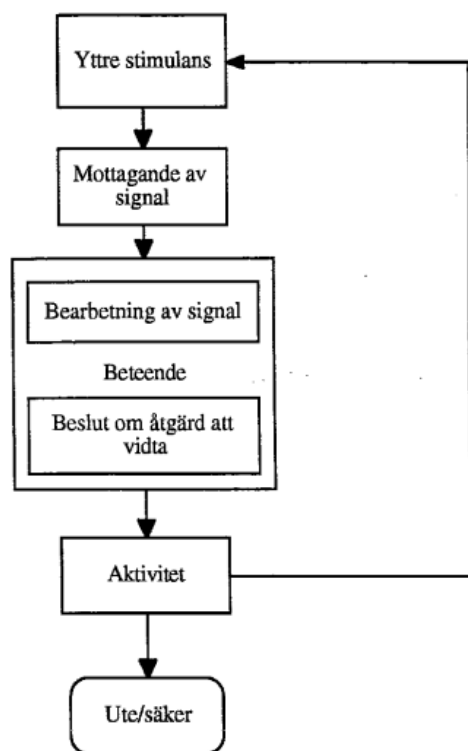


## 8. Utrymning

Utrymningsförloppet kan delas in i tre faser vilka utgörs av varseblivningstiden, förberedelsetiden och förflyttningstiden. Den totala tiden till utrymning är summan av tiderna för de olika faserna, se ekvation 3.

$$t_{utrymning} = t_{varseblivning} + t_{förberedelse} + t_{förflyttning} \quad \text{ekvation 3}$$

Utrymningsprocessen kan beskrivas med den schematiska bilden nedan. De två översta rektanglarna visar varseblivningstiden, de två i mitten visar förberedelsetiden och de två sista beskriver förflyttningstiden (Frantzich, 1994).



Figur 15. Schematisk bild över utrymningsförloppet.

För att utrymningen ska anses som säker krävs det att utrymningstiden understiger tiden till kritiska förhållanden. För att avgöra detta beräknas den så kallade tidsmarginalen.

Tidsmarginalen är skillnaden mellan tid till kritiska förhållanden och utrymningstiden, och beräknas med ekvation 4

$$t_{marginal} = t_{kritisk} - t_{utrymning} \quad \text{ekvation 4}$$

Tidsmarginalen används som det avgörande resultatet i senare delar av denna rapport för att avgöra huruvida utrymning är säker eller ej. Om tidsmarginalen antar ett negativt värde anses utrymningssäkerheten ej tillfredsställande.

### 8.1 Befintliga utrymningsmöjligheter

Utrymningsplaner för lokalen finns uppsatta, där utöver utrymningsvägar även brandposter är markerade. Generellt är dörrbredder i lokalen 0,9 meter, dock är dörrar i brandcellsgränsen större. Den huvudsakliga utrymningsvägen i byggnaden är genom foajén, vilken innefattar huvudingången till såväl bowlinghallen som lokalens övriga utrymnen. Foajén har en öppen

planlösning och är lättöverskådlig. Utrymning till det fria från foajén kan ske genom två separata dörrar i varsin ände av utrymmet, där båda är markerade med genomlysta utrymningsskyltar. Huvudentréns dörr är 0,9 meter bred, men kan öppnas upp ytterligare och då ge en bredd på 1,2 meter. Den bakre utgången i foajén är 1,2 meter bred och nås via en ramp.

Bredvid huvudentréns dörr är bowlinghallens huvudsakliga entré belägen. Denna väg ut ur byggnaden från bowlinghallen innefattar en uppåtgående trappa, vilket kan orsaka problem för personer med funktionsnedsättning. Entrédörren är 0,9 meter bred, och personer som befinner sig inne i bowlinghallen kan nå denna via två dörrar. Båda är placerade i ena kortsidan av bowlinghallen på varsin sida om kafeterian. För att nå den ena av dörrarna passerar receptionen, och denna kan nås både från bangolvet och från den upphöjda kafeterian. Denna utrymningsväg benämns ”huvudingången” i rapporten. Den andra dörren nås inte från kafeterian på grund av ett staket, utan endast från bangolvet. Utrymningsvägen går via det omklädningsrum som är lokaliserat i utrymmet bakom kafeterian. Denna utrymningsväg benämns i denna rapport som ”utgång bredvid kafeteria” De två dörrarna längs kortsidan leder båda till en förhall, som sedan kan utrymmas mot huvudentrén eller via källarkorridoren upp till foajén.

Längst bak i bowlinghallen finns ytterligare en utrymningsväg, där en gång längs med banorna leder fram till en ramp ner till maskinrummet, via ytterligare ett rum och sedan ut i det fria. Denna utrymningsväg är relativt trång, och i maskinrummet fanns en del material lagrat vid platsbesöket. Exempelvis stod en stol i ett hörn och blockerade delvis vägen, samt mindre dunkar mitt för dörren som leder ut i det fria. Denna utrymningsväg ligger i motsatt ände mot där folk troligtvis vistas, och lokalens längd gör att vägledande markeringar kan bli svåra att se då sikten försämras. Det faktum att vägen inte används av besökare annat än vid utrymning gör också att personer i lokalen kan vara mer motvilliga att använda denna. Utrymningsvägen benämns vidare i rapporten som ”utgång längs med banorna”.

Via källarkorridoren utanför bowlinghallen kan omklädningsrummen utrymmas. I denna korridor är takhöjden låg, endast 2,10 meter, vilket potentiellt kan orsaka att sikten försämras snabbt vid brand i detta eller angränsande utrymmen. Innertaket är av spånskivematerial och är behandlat med flamskyddsmedel. Hur effektivt detta är har inte undersökts, men tak av trä är generellt sett inte lämpligt.

Från omklädningsrummen i korridoren kan utrymning även ske via dörrar direkt ut i det fria. Dessa dörrar var vid platsbesöket låsta och kunde endast öppnas med tillhörande nyckel. Enligt uppgift är dessa dörrar låsta för att undvika stölder och detta är problematiskt vid utrymning. Om dessa dörrar är låsta finns det endast en utrymningsväg via korridoren utanför. I omklädningsrummen saknas vägledande markering.

Angränsande till korridoren är även taekwondodojungen belägen. Denna är nedsänkt under marknivå, där utrymning har lösts genom en nedfällbar trappa. Trappan, som är 1,2 meter bred, fälls ned manuellt och leder uppåt till en dörr direkt ut i det fria. Trappan saknar instruktioner på plats för hur den fälls ned, vilket kan innebära svårigheter vid utrymning. Det är dessutom en ovanlig lösning för utrymning, vilket kan verka avskräckande för utrymmande personer.



Samma lösning, med nedfällbara trappor som i taekwondodojangen, finns i den stora hallen. Det finns en sådan trappa på vardera sidan om läktaren, som leder ner till hallgolvet. På trapporna finns ingen tydlig instruktion om hur de fungerar, men enligt uppgift ska det finnas säkerhetsansvariga vid större evenemang som sköter nedfällningen av dessa. På grund av innebandyklubbens tidigare framgångar har trapporna anpassats efter en innebandysarg, och slutar därför en bit ovan golv. Utrymning via dessa trappor är aktuell vid tillfällen då personantalet i hallen överstiger 150 personer.

Den lilla idrottshallen har sin huvudsakliga entré från foajén, vilken troligt även står som mest använda utrymningsväg vid en nödsituation. För att komma in i och ut ur lilla hallen denna väg måste en nedåtgående och en uppåtgående trappa passeras. I lilla hallen finns ytterligare en dörr som leder direkt ut i det fria.

Även köket ännas företrädesvis via huvudentrén. Det finns två utgångar via köket, och två dörrar som leder ut i foajén från den tillhörande matsalen. Köket och matsalen är inte avskilda från varandra.

## 8.2 Människors beteende vid brand

Utrymningsförloppet är för många ett ovant moment och det sker ofta under viss inverkan av stress. Människor går igenom tre faser i samband med en utrymning:

- Tolkning av situationen
- Förberedelse
- Handling

Den tidiga delen av utrymningen speglas ofta av osäkerhet och missförstånd. Personerna försöker erhålla information och bilda sig en uppfattning av situationen. Andra delen karakteriseras av att personer försöker att till exempel att släcka branden eller att varna andra och därefter påbörjas utrymningen. Utifrån försök har det konstaterats att människors beteende oftast är rationellt i dessa situationer. Det är också känt att människor föredrar det välkända och därför utrymmer personer gärna i grupp. Ofta märker man att människor tenderar till att utrymma genom kända utvägar såsom huvudentrén även om det finns närmre utrymningsmöjligheter (Frantzich et al., 2014).

## 8.3 Varseblivningstid

Varseblivningstiden är tiden till dess att personerna i byggnaden blir varse om att en brand har utbrutit. Varseblivning kan exempelvis ske via utrymningslarm, vilken är den yttre stimulans som kommer att bestämma varseblivningstiden i de utvalda scenarierna i denna rapport. Denna tid tas fram genom beräkningar i DETACT-T2 och i bilaga 2 finns antaganden och fullständig uppställning från detta. I tabell 7 nedan visas enbart resultatet från beräkningarna av varseblivningstiden efter hur detektorerna idag är placerade i objektet.

Tabell 7. Resultat från beräkning av varseblivningstiden för respektive scenario.

PLATS	TID TILL AKTIVERING [MIN]
Brand i förråd på läktare	1,3
Brand i bowlinghallen	2,0
Brand i lilla idrottshallen	1,6

#### 8.4 Förberedelsetid

Förberedelsetiden är den tid det tar från det att personer har blivit varse om branden tills dess att de fattar ett beslut angående utrymning och därefter påbörjar den. Förr kallades förberedelsetiden för det mer beskrivande beslut- och reaktionstiden. Denna parameter är osäker då den beror av många olika faktorer och är därför svår att uppskatta. De huvudsakliga faktorerna som påverkar denna tid är brandens och byggnadens egenskaper samt de utrymmande personernas karaktärsdrag (Frantzich, 1994).

Förberedelsetiden hämtas från BBRAD (2013) och i detta objekt antas denna tid till en minut. Förberedelsetiden varierar dock beroende på var man befinner sig i förhållande till branden. Tiden som har ansatts gäller för mindre lokaler med larmdon, vilket även finns i det studerade objektet. Exempel på liknande mindre lokaler som denna tid gäller för är biografen, butiker och kyrkor. Denna tid gäller då personerna inte antas ha sett branden. Förberedelsetiden kan kortas ner genom att byta ut ringklockor mot ett talat meddelande (BBRAD, 2013).

#### 8.5 Förflyttningstid

Förflyttningstiden är tiden det tar från det att personerna börjar förflytta sig från sin ursprungsposition tills det att de befinner sig på en säker plats. Precis som för förberedelsetiden beror förflyttningstiden av brandens, byggnadens och personernas egenskaper. Denna tid erhålls via simuleringar i programmet Simulex och mer information om detta program finns att tillgå i bilaga 6.

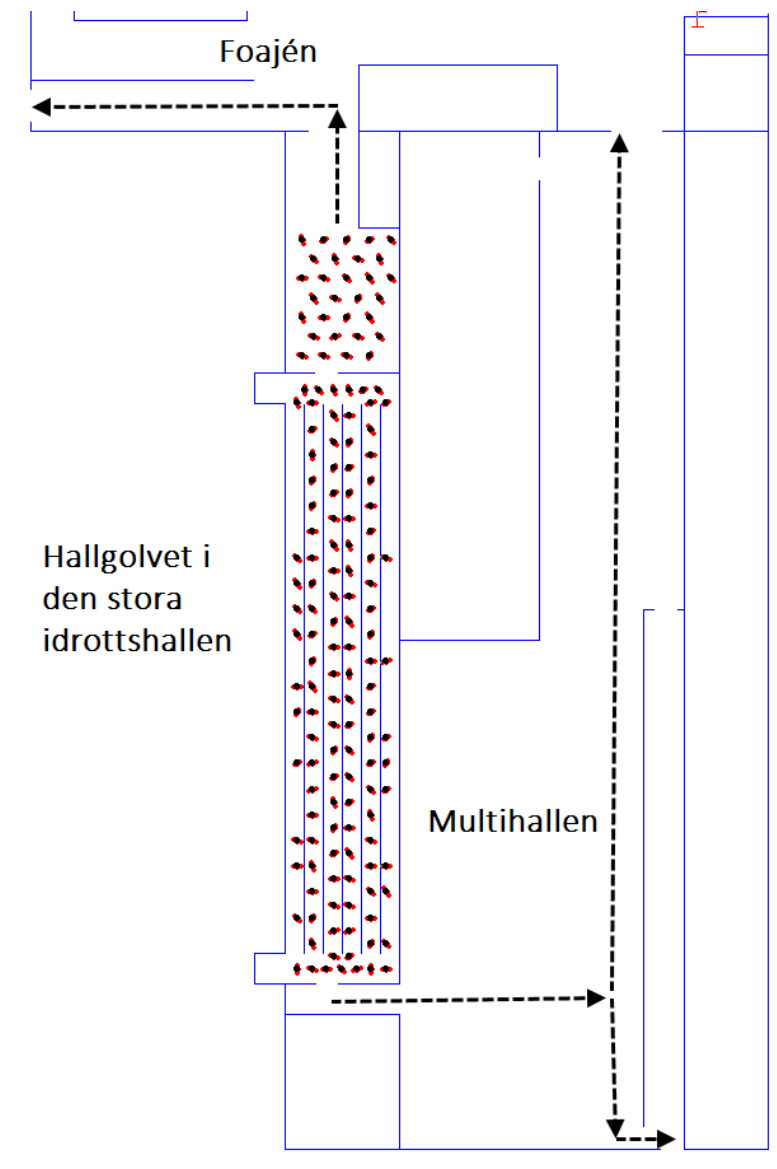
De olika utrymningsscenarierna varierades genom att anta att olika typer av människor utrymde, såsom vuxna, äldre och barn. Förutsättningarna för utrymning ändrades även genom att variera tillgängliga utrymningsvägar.

Resultatet som erhöles från simuleringarna för de olika utrymningsscenarierna redovisas i kommande avsnitt. I de fall där flera utrymningsvägar fanns att tillgå styrdes antalet personer som valde vilken väg efter vad som ansågs vara rimligt utifrån tidigare införskaffad information om hur människor beter sig vid händelse av brand (se avsnitt 8.2 *Människors beteende vid brand*).

Även handberäkning av förflyttningstiden för respektive scenario genomfördes och resultaten från dessa finns att tillgå i bilaga 3.

##### 8.5.1 Brand i förråd på läktaren

Läktarplatserna består av fasta bänkrader, där avståndet mellan raderna endast tillåter en persons bredd, vilket saktar ned förflyttningen. I var ände av läktaren finns trappor som länkar ihop de olika raderna, något som också påverkar förflyttningstiden. Dessa har dock inte ritats in i geometrin i simuleringarna, i syfte att förenkla. Vid händelse av brand i förrådet på läktaren i stora hallen kan en utrymningsväg komma att blockeras, då brandrummet är lokaliserat intill utgången mot multihallen. Geometrin som användes för utrymningssimuleringarna kan ses i figur 16.



Figur 16. Geometrin uppritad i Simulex för den stora Idrottshallen med 149 personer utplacerade. Pilarna visar möjliga utrymningsrutter.

Vid simuleringar i Simulex testades en rad olika scenarier, vilka framgår i tabell 8. Antalet tillgängliga utrymningsvägar och personernas egenskaper varierades för att få en spridning av förflyttningstiden. Hallen är dimensionerad för 149 personer, men med de nedfällbara trapporna kan detta personantal överstigas. Därav genomfördes även en simulering med 250 personer, då med förutsättningen att ansvariga för nedfällande av trappor fanns närvarande.

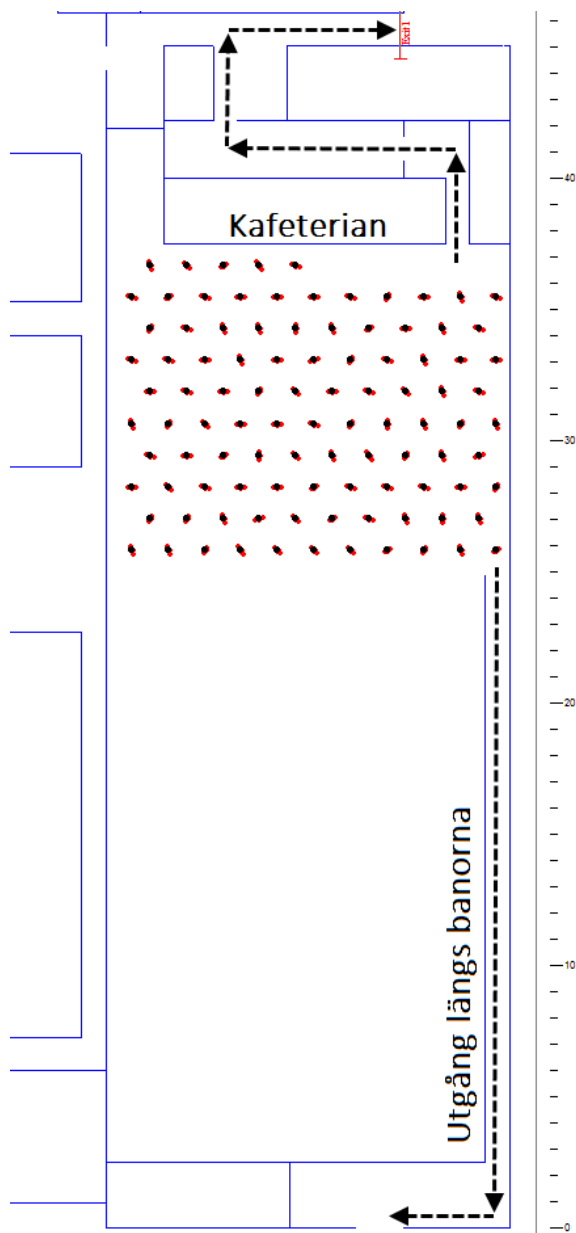
Då utrymningen sker från en läktare innebär det att persontyperna som befinner sig i utrymnet kan tillhöra alla typer av åldrar. Det scenario som valdes ut var det som hade längst utrymningstid, det vill säga 149 äldre, se tabell 8.

Tabell 8. Resultat från simuleringar i Simulex vid brand i förråd på läktaren.

BRAND I FÖRRÅD PÅ LÄKTAREN	FÖRFLYTTNINGSTID [min]	PERSONER
Utrymning med alla vägar tillgängliga	1,0	149 vuxna
Utrymning utan nedfällbara trappor	1,3	149 vuxna
Utrymning endast via utgång mot foajé	2,1	149 vuxna
Utrymning endast via utgång mot foajé	2,6	50 barn, 49 vuxna, 50 äldre
Utrymning med alla vägar tillgängliga	3,5	149 äldre
Utrymning med alla vägar tillgängliga	2,6	149 barn
Utrymning via nedfällbara trappor samt via utgång mot foajé	3,1	250 personer, blandade

### 8.5.2 Brand i bowlinghallen

Geometrin i bowlinghallens utrymningssimulering kan ses i figur 17.



Figur 17. Geometrin uppritad i Simulex för bowlinghallen med 100 personer utplacerade. Pilarna visar möjliga utrymningsrutter.

Även i bowlinghallen kan en av utrymningsvägarna komma att blockeras av den dimensionerade branden och denna utgång är även bowlinghallens huvudingång. I tabell 9 ges ytterligare förklaring till personfördelningar och gällande utrymningsförhållande.

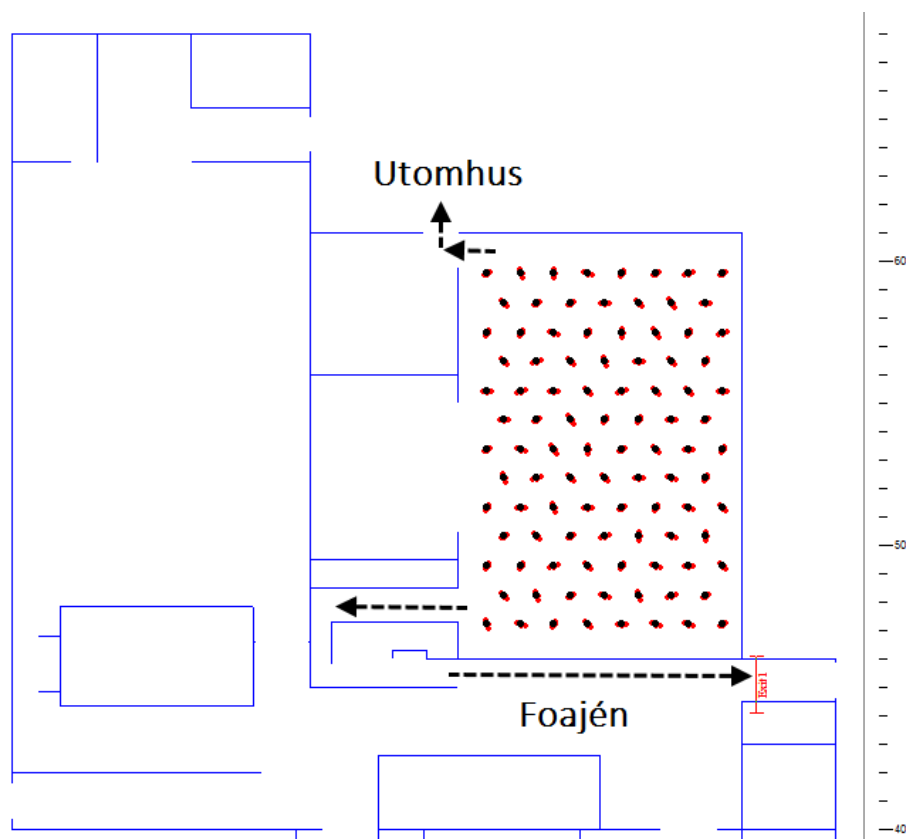
Eftersom utrymningen sker från en bowlinghall innebär det att en blandning av alla åldersgrupper kan befinna sig i utrymnet samtidigt. Det scenario som valdes var det som hade längst utrymningstid, det vill säga 100 äldre, se tabell 9.

Tabell 9. Resultat från simuleringar i Simulex vid brand i bowlinghallen.

BRAND I BOWLINGHALLEN	FÖRFLYTTNINGSTID [min]	PERSONER
Utrymning alla vägar tillgängliga	1,4	100 vuxna
Utrymning alla vägar tillgängliga	2,1	100 barn
Utrymning alla vägar tillgängliga	2,5	100 äldre
Utrymning via gång längs med banorna	2,1	100 vuxna
Utrymning med huvudingången blockerad av brand	3,3	100 äldre
Utrymning med huvudingången blockerad av brand	2,4	100 barn
Utrymning med huvudingången blockerad av brand	2,5	100 personer, en tredjedel barn, en tredjedel vuxna, en tredjedel äldre

### 8.5.3 Brand i lilla idrottshallen

Geometrin som användes för lilla idrottshallen utrymningssimulering kan ses i figur 18.



Figur 18. Geometrin uppritad i Simulex för den lilla idrottshallen med 100 personer utplacerade. Pilarna visar möjliga utrymningsrutter.

I den lilla idrottshallen är den dimensionerande branden placerad i ett av förråden. Det finns dock en risk att branden blockerar utgången från den lilla idrottshallen mot foajén, varvid även ett utrymningsscenario med denna utgång avstängd har simulerats. I tabell 10 visas hur utrymningsförhållanden och personegenskaper har varierats.

I den lilla idrottshallen antas framförallt barn och vuxna befinna sig, andelen äldre tros vara mycket låg i detta utrymme då framförallt idrottsaktiviteter bedrivs. Med detta som bakgrund bestod utrymningspersonerna i simuleringarna endast av barn och vuxna.

Tabell 10. Resultat från simuleringar i Simulex vid brand i lilla idrottshallen.

BRAND I LILLA IDROTTSHALLEN	FÖRFLYTTNINGSTID [min]	PERSONER
Utrymning med alla vägar tillgängliga	1,4	100 vuxna
Utrymning med alla vägar tillgängliga	1,5	100 barn
Utrymning med alla vägar tillgängliga	2,4	100 barn, varav 70 utrymmer genom foajén
Utrymning med alla vägar tillgängliga	2,2	50 barn, 50 vuxna. 70 % utrymmer genom foajén, 30 % utrymmer direkt ut
Utrymning endast via uteförrådet	1,5	100 vuxna

## 8.6 Utrymningstid

Utrymningstiden beräknas enligt ekvation 3 presenterad i avsnitt 8. *Utrymning*. Resultat och beräkning presenteras i tabell 11.

Tabell 11. Utrymningstiden för respektive utrymme som involveras i de utvalda scenarierna. Beräkningarna baseras på tidigare presenterade resultat i avsnitt 8. *Utrymning*. Tiden anges i minuter.

UTRYMME	BERÄKNING	UTRYMNINGSTID [MIN]
Stora idrottshallen	1,3+1+3,5	≈6 minuter
Bowlinghallen	2+1+3,3	≈6,5 minuter
Lilla idrottshallen	1,6+1+2,4	≈5 minuter





## 9. Resultat

Resultaten för de utvalda scenarierna presenteras i form av en tidsmarginal, som definieras som differensen mellan tid till kritiska förhållanden och tid till fulländad utrymning. Tid till kritiska förhållanden presenteras i avsnitt 7. *FDS-simuleringar* och utrymningstiden presenteras i avsnitt 8.6 *Utrymningstid* för alla tre scenarier. Om denna differens understiger noll betyder det att personer i byggnaden inte kommer att hinna utrymma innan kritiska förhållanden råder i byggnaden, personsäkerheten vid utrymning kan alltså inte garanteras om detta inträffar. För respektive scenario har den kortaste tiden till kritiska förhållanden i utrymningsvägen och den längsta tiden till fullbordad utrymning valts och detta för att erhålla konservativa resultat.

### 9.1 Brand i förråd på läktaren

Vid simulering av brandförloppet erhöles resultatet att tiden till fullbordad utrymning överskrider den tillgängliga tiden innan kritiska förhållanden nås vid brand i förrådet på läktaren. Kriterierna för temperatur, sikt och koldioxid överskreds ute i multihallen, som angränsar till läktaren. Från läktaren leder en väg till multihallen, via vilken utrymning kan ske. Fullbordad utrymning tog sex minuter, men tiden innan kritiska förhållanden överstigs uppgick endast till två minuter. Det innebär att det saknas fyra minuter för att alla personer i byggnaden ska hinna utrymma säkert, se uträkning nedan.

$$t_{\text{tidsmarginalen}} = 2 - 6 = -4 \text{ minuter}$$

Rökspridning sker snabbt ut i multihallen, vilket leder till att siktförhållanden försämras snabbt och höga temperaturer uppnås, men denna utveckling kommer att saktas ner då fönstret går sönder till följd av att övertändning sker inne i förrådet. En del av brandgaserna kommer då att böra spridas in i den stora idrottshallen.

Inne i den stora idrottshallen överskreds inget av acceptanskriterierna och den ena huvudsakliga utrymningsvägen kommer alltså inte att slås ut till följd av ett brandförlopp i förrådet som ligger i anslutning till denna lokal. Detta torde främst bero på den höga takhöjden i denna lokal.

### 9.2 Brand i bowlinghallen

Även i detta scenario blir tidsmarginalen negativ, även i det mest fördelaktiga fallet, vilket då betyder att alla personer som befinner sig i lokalen inte kommer att hinna utrymma säkert vid händelse av brand. Både sikt och temperaturförhållanden blir kritiska innan samtliga personer har hunnit utrymma. Tiden till kritiska förhållanden gäller i utrymningsvägen bredvid kafeterian, där köbildning uppstår.

$$t_{\text{tidsmarginalen}} = 2 - 6,5 = -4,5 \text{ minuter}$$

Rök sprids snabbt utanför bowlinghallen och ut i den utrymningsväg som är lokaliserad bredvid kafeterian. Rök sprids även upp i foajén vilket påverkar huvudingången, som anses vara den viktigaste vägen ut. Den korridor som leder till övriga omklädningsrum har lågt i tak, men kritiska siktförhållanden uppnås ej trots detta. Inte heller i foajén uppstår kritiska förhållanden.

Vid utrymning från bowlinghallen kommer köbildning uppstå. Därmed gäller endast krav på en siktlängd om 4 meter vid brand om genomlyst skylt finns (Nilsson & Holmstedt, 2008). Sikten understiger även kravet om 4 meter inom utrymningstiden, se bilaga 7.

### 9.3 Brand i lilla idrottshallen

För brandförloppet i den lilla idrottshallen tar det fem minuter innan fullständig utrymning är genomförd, men acceptanskriteriet för sikt överskrids redan efter 2,5 minuter, vilket innebär att även i detta fall kommer en säker utrymning ej att vara möjlig utan implementering av åtgärder.

$$t_{\text{tidsmarginalen}} = 2,5 - 5 = -2,5$$

Då det är högt i tak kommer brandagaslagret kylas innan det når huvudhöjd för utrymmande. Därmed kommer brandgaserna att till en början inte orsaka någon större skada till följd av temperatur och strålning, dock kommer den kritiska temperaturen överskridas när det är en halv minut kvar tills fullständig utrymning är genomförd. Påverkan av koldioxid och kolmonoxid var inte heller ett problem i detta scenario.

## 10. Åtgärder

Under detta avsnitt beskrivs de åtgärdsförslag, som vid införande förbättrar personsäkerheten vid händelse av brand i Bråhögshallen. Först presenteras de förslag som ges för respektive scenario samt validering åtgärdsförslagen, och därefter ges generella förslag på åtgärder som allmänt kan öka säkerheten i objektet.

### 10.1 Brand i förråd på läktaren

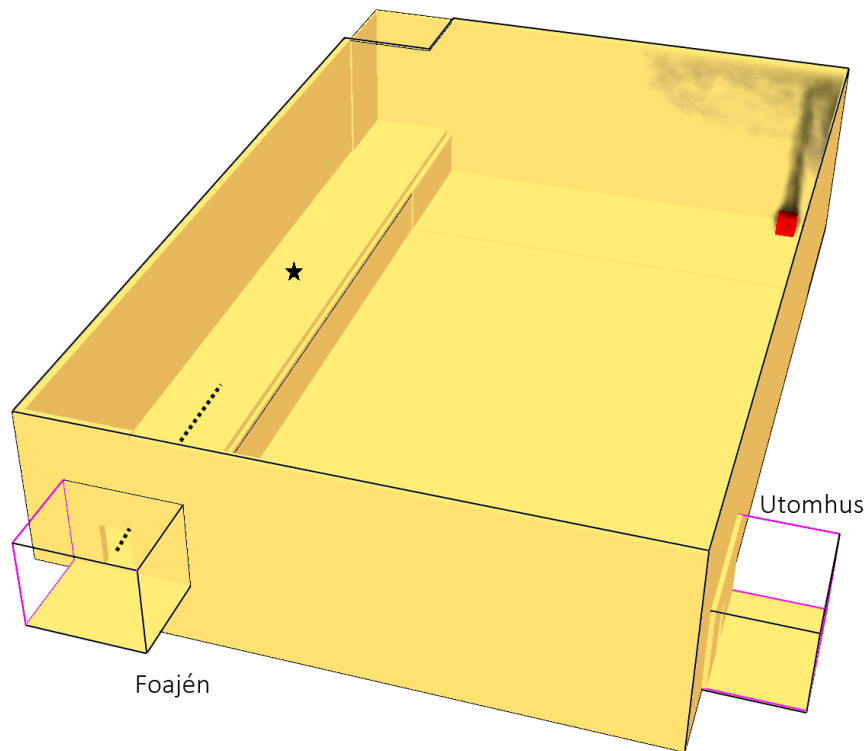
Branden i detta scenario är begränsat till ett förråd med begränsad storlek, vilket resulterar i relativt enkla åtgärder för att förbättra personsäkerheten vid brand. Förrådsdörren som vetter ut mot multihallen rekommenderas utrustas med en dörrstängare. Dörren bör även ha den brandtekniska klassen EI15 för att förhindra brandgasspridning till multihallen under tiden utrymning fortfarande pågår.

Fönstren som vetter ut mot den stora idrottshallen bör byggas igen alternativt täckas över med någon form av skiva för att säkerställa att brandgaser ej läcker ut till den stora idrottshallen. Detta bör göras som komplement till dörrstängaren.

Om båda ovanstående åtgärder införs kommer branden inestängas och bör därmed inte påverka utrymningsförloppet negativt. Mest troligt är dessutom att branden i detta inneslutna utrymme kommer att självslockna på grund av för låg syrehalt.

#### 10.1.1 Validering av åtgärd

När branden stängs in i förrådet kommer den troligtvis släckas, men då försvinner hela scenariot. Eftersom kritiska förhållanden uppstår i multihallen och ej på läktaren, kontrolleras åtgärden med dörrstängare till förrådet för att först och främst förbättra utrymningsförhållandena i multihallen. I den stora idrottshallen måste åtgärdens inverkan på utrymnings säkerheten valideras för den dimensionerande branden. Brandens effekt är densamma som i ursprungsscenarioet men har efter den åtgärd som beskrivs i avsnitt *10.1 Brand i förråd på läktaren* placerats på hallgolvet i den stora idrottshallen. Uppställningen i FDS-simuleringen efter åtgärd illustreras i figur 19.



Figur 19. Uppställning i den stora idrottshallen efter åtgärd, bild från FDS.

Tid till kritiska förhållanden redovisas i tabell 12. Bakgrunden till denna tabell presenteras i bilaga 8, där resultatet för både genomskärningsfiler, termoelement och siktmätare tas hänsyn till.

Tabell 12. Tid i minuter tills kritiska förhållanden, efter implementering av åtgärd i den stora idrottshallen, råder.

BRAND I FÖRRÅD PÅ LÄKTAREN	TEMPERATUR	SIKT	CO	CO <sub>2</sub>
Tid till kritiska förhållanden [min]	–	5	–	–

Vid läktaren kommer acceptanskriterierna gällande temperatur, kolmonoxid och koldioxid inte att uppnås efter sju minuter. Sikt Kriteriet understiger tio meter efter fem minuter vid läktaren. I ursprungsscenarioet uppnås inte kritiska förhållanden på läktaren inom den beräknade utrymningstiden, eftersom det då är större volym att rökfylla än i åtgärdsscenarioet.

För att avgöra om säkra utrymningsförhållanden har uppnåtts med den nya branden beräknas tidsmarginalen.

$$t_{\text{tidsmarginalen}} = 5 - 6 = -1 \text{ minut}$$

Detta innebär att sikten understiger tio meter innan utrymningen är klar. Detta sker dock efter att köbildning har inträffat. Därmed gäller endast krav på en siktlängd om 4 meter vid brand om genomlyst skylt finns (Nilsson & Holmstedt, 2008). Därmed kan utrymning säkerställas trots den negativa tidsmarginalen.

## 10.2 Brand i bowlinghallen

För detta brandscenario är en åtgärd som att stänga in branden med dörrstängare inte optimal, eftersom dessa dörrar behöver öppnas frekvent av de som nyttjar lokalen och därmed kommer en sådan lösning att vara till besvär vid den dagliga verksamheten. Detta kan leda till att dörrarna ställs upp för att underlätta verksamheten.

Istället rekommenderas användandet av ett aktivt punktskydd i form av vattendimsprinklers. Detta punktskydd placeras ovanför den dimensionerade branden, det vill säga ovanför spisen. Vattendimman kommer att begränsa branden, som därmed endast kommer att kunna uppnå en maximal effekt på 170 kW. Motiveringar och beräkningar till denna dämpning av effekten hittas i bilaga 10. Detta är omkring 7 % av den maximala effekten för ursprungsscenarioet, vilket innebär att kritiska nivåer inte bör uppnås för de som befinner sig i lokalen, och utrymning kan ske på ett säkert sätt.

### 10.2.1 Validering av åtgärd

Uppställningen i FDS är densamma som vid ursprungsscenarioet, med avvikelser att brandens effekt har minskats enligt ovanstående avsnitt.

Kritiska nivåer av koldioxid, kolmonoxid och temperatur uppnås inte inom utrymningstiden. Sikt var det enda kriterium som uppnådde kritiska nivåer, och detta skedde nästan lika snabbt som för ursprungsscenarioet.

Tabell 13. Resultat från simuleringen i FDS med insatta åtgärder för bowlinghallen.

BRAND I BOWLINGHALLEN	TEMPERATUR	SIKT	CO	CO <sub>2</sub>
Huvudingång	–	2	–	–
Bakom servering	–	2	–	–
Smal gång	–	4	–	–
Korridor	–	6	–	–
Trappuppgång	–	4,5	–	–

För att avgöra om säkra utrymningsförhållanden har uppnåtts med den föreslagna åtgärden beräknas återigen tidsmarginalen.

$$t_{\text{tidsmarginalen}} = 2 - 6,5 = -4,5 \text{ minuter}$$

Eftersom köbildning uppstår samt att skyltar placerade i utrymningsvägen är genomlysta är kravet på siktlängd endast 4 meter (BBRAD, 2013). Då dessa faktorer tas hänsyn till ändras tidsmarginalen till positiva värden.

$$t_{\text{tidsmarginalen}} = > 7 - 6,5 = > 0,5 \text{ minuter}$$

Med  $>7$  menas att under hela simuleringstiden (7 minuter) uppnår inga parametrar kritiska nivåer. Detta innebär att det finns minst 30 sekunder säkerhetsmarginal för de människor som befinner sig i bowlinghallen.

### 10.3 Brand i lilla idrottshallen

Även i den lilla idrottshallen uppnås kritiska förhållanden vid ursprungsscenario innan utrymningen är fullbordad. För att förhindra att brandgaslagret når ner till kritiska nivåer och därmed kan påverka utrymningsförloppet negativt föreslås en lösning där installation av rökgasventilationsluckor potentiellt stabiliserar brandgaslagret på en nivå där utrymmande personers säkerhet inte riskeras. Dessa aktiveras lämpligen med två rökdetektorer, för att luckorna ska öppnas så tidigt som möjligt, vid brand. För att säkra tilluften ska dörren ut i det fria förses med en automatisk dörröppnare.

#### 10.3.1 Validering av åtgärd

För att brandgaserna inte ska kunna nå lägre än acceptanskriteriet utförs handberäkningar vid gällande förhållanden i den lilla idrottshallens ursprungsscenario. Dessa brandgasluckor bör enligt de beräkningar som beskrivs i bilaga 9 utgöra en yta av 2 m<sup>2</sup> och kan aktiveras med hjälp av två rökdetektorer som båda måste aktiveras för att luckorna ska öppnas. Denna yta kan fördelaktigt utgöras av två brandgasventilationsluckor på vardera 1 m<sup>2</sup>.

### 10.4 Generellt

De nedanstående punkterna, så när som på de tre sista, är hämtade från avsnittet 2.5

*Förenklad dimensionering* och baseras på nu gällande lagstiftning.

- Eftersom byggnaden tillhör verksamhetsklass 2B bör det finnas skyltar placerade som anger det maximala antalet personer som samtidigt får vistas i lokalen.
- Då köket utgör ett utrymme med hög risk för uppkomst av brand bör denna lokal utgöra en egen brandcell.
- Nödbelysning ska installeras. I samlingslokaler finns krav på detta, och eftersom personantalet i varje brandcell i objektet överstiger 150 personer gäller detta krav (BBR, 2014).
- Vägledande markeringar ska uppföras i boxningshallen samt i omklädningsrummen på bottenplan.
- Vid en eventuell ombyggnation bör den stora idrottshallen och bowlinghallen utformas som egna brandceller.
- Den utrymningsväg från bowlinghallen som leder genom maskinrummet var delvis blockerad vid platsbesöket, vilket bör åtgärdas. Inget material får placeras i utrymningsvägen.
- Även det systematiska brandskyddsarbetet bör utökas något för att ytterligare öka säkerheten i byggnaden.

## 11. Känslighetsanalys

Genom att utföra en känslighetsanalys, där en parameter i taget varierar, erhålls en uppfattning om huruvida en mindre ändringar i en parameter kan leda till att tidsmarginalen blir negativ eller ej.

Tiden till kritiska förhållanden har inte simulerats en ytterligare gång, där en parameter hade varierats, inför känslighetsanalysen. Redan i ursprungsscenarierna erhöles negativa tidsmarginaler i samtliga fall, vilket innebär att alla personer i byggnaden inte hinner utrymma säkert vid händelse av brand. Acceptanskriterierna överskreds snabbt för temperatur och sikt och en känslighetsanalys på dessa parametrar ansågs därmed överflödig. Vid kontroll av tidsmarginalens robusthet varierades dels koldioxid- och kolmonoxidhalten som påverkar tid till kritiska förhållanden, och dels utrymningsparametrarna varseblivning och förflyttning.

Kolmonoxidhalten var aldrig problematisk i ursprungssimuleringarna, men för att undersöka känsligheten i denna parameter skalades kolmonoxidhalten om och varierades. Trots en stor ökning av ingångsvärdet uppnåddes inte kritiska halter under utrymningsförloppet, se bilaga 12.

En känslighetsanalys för varseblivningstiden utfördes. Det som varierades var placeringen av detektorn och aktiveringstemperaturen. För äldre detektorer är denna  $13^{\circ}\text{C}$  över omgivningstemperaturen, vilket är ett konservativt antagande. För dagens detektorer är denna temperatur lägre och ligger på  $4\text{-}5^{\circ}\text{C}$  över omgivningstemperaturen, vilket även det är konservativt för vissa av dagens detektorer (Nilsson & Holmstedt, 2008). Även handberäkning av dessa tider genomfördes och användes som jämförelse. Som mest avvek resultatet i handberäkningarna 10 sekunder jämfört simuleringarna. Fullständiga resultat och beräkningar återfinns i bilaga 2.

Förberedelsetiden är som tidigare nämnts är en svår parameter att uppskatta då denna tid innefattar en hel del varierade moment, alltifrån betänketid till att agera. Denna gavs värdet en minut, men större variationer av denna tid kommer att kunna leda till att kritiska förhållanden råder i bowlinghallen.

Förflyttningstiden har varierats genom att i Simulex och via handberäkningar förändrat scenarierna något. Förutsättningarna har varierats i form av till exempel skiftande gånghastigheter och blockerade utrymningsvägar och resultatet från dessa finns att tillgå i avsnitt 8. *Utrymning*. Resultatet från detta visar på att förflyttningstiden varierar som mest med 2,4 minuter, en variation som är uppmätt i den stora idrottshallen. Kritiska förhållanden i ursprungsscenarioet uppnås redan efter 2 minuter i multihallen. Summan av varseblivningstid, förberedelsetid och förflyttningstid överstiger denna tid till kritiska förhållanden även i det mest fördelaktiga fallet. Även i bowlinghallen och i den lilla idrottshallen innebär de mest fördelaktiga utrymningsförhållandena att utrymmande personer utsätts för kritiska värden.

Vid beräkning av brandgasventilationens storlek erhöles resultatet att denna behövde vara minst  $1,6\text{ m}^2$ . Därefter genomfördes en ytterligare beräkning av storleken på dessa luckor och vid denna beräkning ansattes den dimensionerande brandens effekt till 7400 kW, alltså dubbel effekt jämfört ursprungsscenarioet. Trots denna stora ökning krävdes det endast luckor med en yta på  $2\text{ m}^2$ , vilket visar på att denna parameter är robust. För motiverande beräkning se bilaga 9.





## 12. Diskussion

Grovanalysen genomfördes kvalitativt och på grund av detta kan vissa väsentliga scenarier ha missats. Vid bedömningen av sannolikhet användes till viss del statistik, men även egna uppfattningar om brandorsaker i denna typ av verksamhet. De siffror som representerar sannolikheten väljs utifrån författarnas uppfattning och referensramar, och kan tolkas annorlunda av läsaren. Det är inte heller orimligt att en ofrivillig rankning scenarierna emellan har gjorts, och påverkat den siffra som tilldelats respektive scenario.

Vid uppskattning av konsekvensen har framförallt brandgasspridning ansetts allvarlig. Spridning av gaser mellan olika utrymmen och till särskilt viktiga utrymningsvägar har tilldelats högst konsekvens. Det är dock svårt att sja huruvida en brand i annat utrymme, med exempelvis högre brandbelastning, skulle ge allvarligare konsekvenser för personers säkerhet. Bedömningen har dock varit att det primära målet bör vara att åtgärda den värsta brandgasspridningen. Framförallt spridning av rökgaser till foajén anses viktiga att åtgärda, då denna är huvudsaklig utrymningsväg från de flesta av lokalens utrymmen. Eftersom personer tenderar att utrymma långsammare då brand eller brandrök inte är visibelt, kan en brand i en del av byggnaden ha fortgått en längre tid innan utrymning påbörjas i övriga delar. Därmed kan problemen med rökfylld foajé påverka utrymmande i hela lokalen. Dock är brandlarmet kopplat så att det ljuder i hela byggnaden vid brand.

Effektkurvor som representerade bränderna i de utvalda scenarierna uppskattades efter trolig mängd brännbart material. Detta kan dock ha resulterat i antingen en överskattning eller, mer troligt, en underskattning av effektutvecklingen. Även vid en underskattning av effekten överskreds flera skadekriterier, och personsäkerheten vid händelse av brand kan inte tryggas.

Varseblivningstiden antogs motsvara detektionstiden och denna beräknades i DETACT-T2. Detta program är egentligen designat för att beräkna detektionstid för värmedetektorer, men lämpliga värden sattes så att de resultat som erhöles kan motsvara denna tid för de rökdetektorer som är installerade i Bråhögshallen. Även handberäkningar genomfördes för att validera resultatets rimlighet. Tiderna överensstämde relativt bra, vilket förhoppningsvis talar om ett verklighetsförankrat resultat.

Att ansätta att detektionstiden motsvarar varseblivningstiden hade kunnat vara ett felaktigt antagande om resultaten hade visat att brandgaserna hade nått till kritiskt låga nivåer innan detektion, men så var inte fallet och därmed visade sig detta vara ett rimligt antagande. I den lilla idrottshallen är förrådet öppet, vilket gör att branden kan upptäckas visuellt innan detektorerna har aktiverat. Detta kan alltså minska varseblivningstiden, men eftersom detektorerna aktiverar redan efter en och en halv minut blir denna minskning troligtvis marginell. Det bör alltså inte påverka resultatet nämnvärt, men för ett konservativt resultat valdes detektorernas aktiveringstid. Även detektorernas placering kan i alla tre scenarier förändra varseblivningstiden, men eftersom tidsmarginalen i ursprungsscenarierna blev negativ med flera minuter kommer kritiska förhållanden uppnås för de utrymmande oavsett.

Förberedelsetiden är hämtad från BBRAD (2013) och angavs där som ett punktvärde. Denna tid är dock svårt att uppskatta då den har en bred definition. Vissa människor reagerar och fattar beslut snabbt, andra tar längre tid på sig och vissa kan påbörja släckinsatser och så vidare. Ett sätt att korta ner denna tid kan vara att byta ut ringklockorna mot talat meddelande då detta har visast sig leda till kortare förberedelsetid vid utrymning, men i detta objekt är

förberedelsetiden redan den kortaste enligt BBRAD (2013). Det är dock troligt att förberedelsetiden i denna verksamhet är kort, då liten eller ingen personlig ekonomisk investering har gjorts, i jämförelse med exempelvis mataffärer.

Vid simuleringar av utrymning för respektive scenario användes programmet Simulex, som har en tendens att underskatta utrymningstiden vid jämförelse med handberäkningsmetoden i BBRAD (2013). Däremot kan programmet också överskatta utrymningstiden genom att två personer kan förhindra varandras förflyttning om de kommer för nära varandra. Vid passering av hörn tar karaktärerna den kortaste vägen, vilket innebär att orealistisk köbildning formas vid hörnpasseringar i simuleringarna. I bilaga 6 beskrivs Simulex närmare.

Vid brand i förrådet på läktaren i den stora idrottshallen kan den utrymningsväg, som leder från läktaren till multihallen och sen ut, blockeras till följd av branden. I multihallen bildas ett brandgaslager relativt fort, och inom kort är denna utrymningsväg obrukbar.

Eftersom resurserna för FDS-simuleringar är begränsade kunde inte alltför små celler användas. En dubbling av antal celler i alla tre längdriktningar leder till åtta gånger fler celler, samtidigt som tidsstegen halveras för beräkning. Detta leder till en sexton gånger längre simuleringstid. Med mer tid och större datakapacitet hade cellstorleken kunnat minskas, vilket hade gett ett mer realistiskt resultat. I bilaga 5 framgår det att  $D^*$  inte var i det optimala intervallet eftersom cellerna i två av tre scenarier är aningen för stora. Detta är en förenkling som gjorts för att minska simuleringstid.

Utöver detta brukar det vara lämpligt att simulera samma fall två gånger, en gång med mindre celler och en gång med större, för att se om resultaten blir samma. Om nodkonvergens uppstår är resultaten säkerställda. Vid arbetet med denna rapport fanns inte resurser till att kontrollera detta, vilket innebär att det finns osäkerheter kring resultaten i FDS.

En kvalitetskontroll över branden visade att  $Q^*$  låg utanför det rekommenderade intervallet i början av brandförloppet. Detta innebär att branden är för svag för att FDS på ett korrekt sätt ska kunna beräkna flamhöjd, plymtemperatur med mera. FDS är ett program som är skapat för att simulera strömningar med låga hastigheter, och värdet på  $Q^*$  bör hållas inom intervallet för att modellerna som FDS bygger på ska fungera korrekt. Detta hade kunnat förbättras med funktionen TAU\_Q, men då hade brandförloppet inte överensstämmt med effektkurvorna. Dock tog det inte lång tid innan  $Q^*$  låg inom det rekommenderade intervallet, vilket ledde till att denna felkälla accepterades. Denna faktor presenteras vidare i bilaga 5.

Mätning av förhållandena för respektive acceptanskriterium mättes på höjden 1,8 meter, istället för 2 meter som är acceptanskriteriet för brandgaslagrets höjd enligt BBRAD. Denna bedömning gjordes för att bättre anpassas till verkligheten, då det är rimligt att anta att majoriteten av människorna inte är längre än så.

Vid mätning av temperaturen användes momentana temperaturmätare som en gång i sekunden avläser den då rådande temperaturen. Alternativet till detta är att mäta temperaturen i programmet med termoelement. Istället för att momentant mäta temperaturen värms ett element upp vars temperatur registreras, vilket innebär att dessa fluktuationer inte kommer att påverka den generella temperaturen mycket. Nackdelen med denna metod är att det tar tid innan elementet blir uppvärmt, vilket innebär att det kommer att ta längre tid för den kritiska temperaturen att uppnås än om den skulle mätas med temperatur-funktionen. Eftersom

rapportens huvudsakliga fokus är att fokusera på människoliv valdes temperatur-funktionen över ett termoelementträd.

Simuleringar i FDS bygger inte på rena tvåzonsmodeller, utan eftersträvar att efterlikna verklighetens rökgasspridning och lagerbildning. Realismen i dessa simuleringar innebär att endast ett kriterium, exempelvis sikt, i programmet behöver överskridas för att personsäkerheten vid brand i byggnaden ska klassas som undermålig. Kriteriet gällande brandgaslagrets höjd har inte specifikt avhandlats i denna rapport, då andra parametrar kan indikera brandgaslagrets nivå. Detta kriterium användes förr då man simulerade med tvåzonsmodeller och är inte relevant då man använder mer realistiska program såsom FDS.

I de dimensionerande bränderna i förråden i både stora och lilla idrottshallen antas bränslet endast bestå av trä. Soot yield och kolmonoxid yield är parametrar som kan variera mellan olika bränslen vilket ger en ytterligare osäkerhet, då materialet i förrådet inte enbart består av trämaterial. Det homogena innehållet i förråden är ett förenklande antagande, ett antagande som kan ha betydelse i slutresultatet bland annat för siktförhållandena. Dock är den dimensionerande branden träpallar som brinner, och därmed valdes soot yielden efter denna brand. Även i bowlinghallen uppskattades soot yield och kolmonoxid yield till de för brinnande trä.

Att undersöka effekten på variationer i soot yield är svårt eftersom det måste genomföras ett flertal simuleringar för hela brandförloppet, med olika värden på soot yield. Att simulera så många fall fanns det inte resurser till. En högre soot yield hade inneburit en större rökutveckling, vilket hade inneburit kortare tid tills oacceptabla förhållanden hade uppstått i scenarierna. Under brandförloppet är det dessutom sannolikt att andra material än trä förbränns, vilket inte togs hänsyn till och detta utgör en felkälla i rapporten. Andra material som inryms i förråden hade både kunnat ge en högre respektive lägre soot yield.

Vid simuleringen efter åtgärder för den stora idrottshallen blev siktförhållandena på läktaren oacceptabla, medan resterande parametrar inte uppnådde kritiska nivåer under hela simuleringsförloppet. Eftersom sikten inte understiger 4 meter under utrymningen och vägledande markeringar finns, i form av genomlysta skyltar, anses rådande siktförhållanden trots allt vara säkra. Problem med orientering kommer troligtvis att undgås då köbildning skett vid den tidpunkt då siktförhållandena försämrats.

Efter åtgärd i den stora idrottshallen förhindras rök att spridas i multihallen. Detta innebär att problem med utrymnings säkerhet, i form av bland annat strålning och värmedos, i multihallen undviks.

Scenariot där en brand uppstår i multihallen i samband med en övernattning är ett scenario som inte har analyserats vidare i denna rapport, något som i framtiden bör göras då detta potentiellt kan leda till allvarliga konsekvenser. Detta scenario fick prioriteras bort för att scenarier med högre brandbelastning och där fler personer kunde tänkas påverkas negativt skulle kontrolleras. Vid simuleringen där en brand uppstår i det förråd som ligger i anslutning till denna multihall, erhöles resultatet att kritiska förhållanden kommer att uppnås om inte åtgärder vidtas.

I bowlinghallen ansattes en effektkurva, som baserades på försök i kontor. Den dimensionerande branden är lokaliserad invid receptionen, där materialet antas motsvara det som finns i ett kontor. Dock finns säkerligen andra material i denna reception, bland annat är

antändningskällan en spis. Detta utgör viss osäkerhet kring den valda effektutvecklingskurvans relevans och överensstämmelse med verkliga förhållanden.

Efter åtgärder i bowlinghallen erhöles enbart kritiska förhållanden vad gäller sikt, resterande parametrar uppnådde aldrig kritiska nivåer. Brandtillväxten är identisk jämfört med ursprungsscenario fram tills att vattendimsprinklern aktiveras. Efter sprinkleraktivering antas tillväxten stoppas och därefter hålls effekten konstant på denna nivå. Exakt hur brandförloppet påverkas av sprinklers är svårt att avgöra. Sikten understiger aldrig 4 meter, vilket innebär att utrymning bör vara möjlig om genomlysta skyltar finns. Det dröjer 2 minuter innan sikten understiger 10 meter nära branden. Under dessa två minuter bör människorna i utrymmet hunnit orientera sig i utrymmet samt påbörja en köbildning, vilket innebär att de kan hitta till nödutgångarna. Med detta som bakgrund ansågs åtgärdsförslaget ge tillfredsställande personsäkerhet vid brand i bowlinghallen.

Genom att installera ett punktskydd i köket i bowlinghallen skyddas inte hela lokalen. Dock anses brandbelastningen i övrigt i lokalen vara låg, och därmed når troligtvis ingen annan brand i lokalen den effektutveckling som ursprungsscenario efter åtgärd uppgår i (170 kW, se figur 24 i bilaga 2) och därmed kan personsäkerheten vid händelse av brand i hela lokalen säkras.

I den lilla idrottshallen föreslås brandgasventilation för att säkerställa utrymningssäkerheten. En stor fördel med att placera brandgasventilationsluckor i taket är att om det blåser kommer det att bidra till utdrivandet av brandgaser. Att använda befintliga fönster till brandgasventilering hade inte varit en lika robust lösning då dessa är vertikalt placerade och om vinden ligger på mot fönstren kan brandgaser förhindras att ventileras ut med svåra konsekvenser till följd.

Endast handberäkning genomfördes vid dimensionering av brandgasventilationsluckorna och denna åtgärd simulerades sedan inte. Det som var kritiskt i detta scenario var sikten, vilken avhjälpes genom att ventileras ut brandgaserna och stabilisera brandgaslagrets höjd på en säker höjd. Även temperaturen var något hög i ursprungssimuleringen, men även det löses med en förskjutning av brandgaslagrets höjd.

Vid bestämning av huruvida brandgasventilationsluckorna bör aktiveras med detektorer eller smältbleck beräknades tid till aktivering för respektive alternativ. Resultatet som erhöles var att aktivering med hjälp av smältbleck var betydligt långsammare än detektoraktivering och därmed valdes det senare alternativet. Vid den tidpunkt som luckor med smältbleck hade aktiverat hade kritiska förhållanden i lokalen redan uppnåtts. Två rökdetektorer bör installeras, där luckorna öppnas först när båda detektorerna har aktiverats. Denna metod används för att minska antalet fellarm och lösningen blir därmed mer robust. Vid installation av brandgasluckor bör dörrstängare undvikas, då vissa tilluftsöppningar krävs för att systemet ska fungera. Om för små tilluftsöppningar finns skapas även ett undertryck i lokalen, vilket kan göra det svårt att öppna utåtgående dörrar.

För att säkra att tilluften, vilken är en viktig faktor för väl fungerade naturlig ventilation, måste båda öppningarna hållas öppna åtminstone under den tiden då människor kan tänkas befinna sig i lokalen. Den dörren som vetter ut mot foajén kommer att hållas öppen av utrymnande personer. Den dörren som leder direkt till det fria är inte en in- och utgång som används i vanliga fall och det är därmed inte säkert att den då används vid en utrymning

heller. För att kunna säkra att denna dörr hålls öppen rekommenderas därför att denna förses med en automatisk dörrstängare.

Ett problem, som hade kunnat uppstå vid utrymning i scenariot i den lilla idrottshallen, är köbildning i trappan från källarplanet. I foajén uppstår inte kritiska förhållande inom simuleringstiden och alltså uppstår ingen fara för köande personer i detta utrymme, men det kan potentiellt sakta ned utrymningen ut ur den lilla idrottshallen.

I början av rapporten gjordes antagandet att en brand i den lilla idrottshallen kunde antas motsvara även de förhållanden som hade uppstått vid en brand i köket, som är beläget intill den lilla idrottshallen. Det utmanande med dessa scenarier var att de kunde komma att påverka foajén negativt och detta hade varit allvarligt då detta utrymme utgör en viktig del av utrymningsmöjligheterna. Om denna hade slagits ut hade flera möjliga utrymningsvägar också slagits ut med allvarliga konsekvenser till följd. Dock erhöles resultatet från den lilla idrottshallen, vilken hade en högre brandbelastning än köket, att kritiska nivåer inte kommer att uppnås i foajén. Därmed kunde problem med denna utrymningsväg avsägas, och utrymning via foajé är därmed säkerställd för båda dessa scenarier. Sikten blir i slutskedet lägre än tio meter, men eftersom köbildning kommer att ske och då de vägledande markeringarna är genomlysta kan utrymning antas vara säker. Dessutom kommer utrymningstiden i scenariot i köket att bli kortare då utrymningsvägarna från detta utrymme är fler än i lilla hallen samtidigt som dessa utgör kortare avstånd.

Handberäkningarna är baserade på empiriskt framtagna modeller, där försöken är uppställda på ett vis som sällan helt efterliknar de förhållanden som råder i de scenarier som avhandlas i denna rapport. Även tillväxthastighet och maxeffekt som bygger effektkurvorna, baseras på experiment som inte exakt motsvarar de bränslen och övriga förhållanden som råder i aktuella scenarier.

De flesta antaganden och uppskattningar som har gjorts i denna rapport har eftersträvat att vara konservativa, men fortfarande troliga. Åtgärderna bör därmed ge ett gott brandskydd, även vid kraftiga bränder.



### 13. Slutsats

För att garantera personsäkerheten i Bråhögshallen har ett antal åtgärder tagits fram. Åtgärderna är indelade i *ska*- och *bör*-åtgärder. Det förstnämnda är åtgärder som ska införas för att trygga säker utrymning vid händelse av brand och det sistnämnda är förslag på lösningar som vid implementering ytterligare kan öka säkerheten i byggnaden, men som inte är ett krav för att kunna garantera en säker utrymning.

Åtgärder som *ska* vidtas för att säkerställa utrymning innan kritiska förhållanden råder är följande:

- Punktskydd i form av vattendimma ovanför spisen i bowlinghallen, som aktiveras med bulber av typen fast response.
- Installering av dörrstängare in till förrådet som ligger i anslutning till den stora idrottshallen.
- Brandgasventilation i taket i den lilla idrottshallen, som aktiveras med rökdetektorer.
- Installering av nödbelysning genomgående i byggnaden.
- Uppförande av vägledande markeringar i boxningshallen och i omklädningsrummen.

Åtgärder som *bör* vidtas för att underlätta utrymning vid händelse av brand är följande:

- Fönstren i förrådet som vetter ut mot den stora idrottshallen bör tas bort alternativt täckas över.
- Stora idrottshallen bör göras till en egen brandcell vid eventuell ombyggnad.
- Dörrstängare bör installeras på dörren mellan multihallen och den stora idrottshallen.
- Bowlinghallen bör göras till en egen brandcell när eventuell ombyggnad sker.
- Skyltar som anger det maximala antalet personer som samtidigt får vistas i lokalen bör uppföras.
- Köket bör utgöra en egen brandcell.
- Det bör finnas regelbundet systematiskt brandskyddsarbete.





## Referenser

- Frantzich, H(red.). Korostenski, T(red.). Marberg, P.-A(red.). 2014. *Brandskyddshandboken: en handbok för projektering av brandskydd i byggnader*. Lund.
- Boverket författningssamling, BBR 21. 2014. *Boverkets föreskrifter om ändring i verkets byggregler (2011:6) – föreskrifter och allmänna råd*.
- Boverkets författningssamling, BBRAD 3. 2013. *Boverkets ändring av verkets allmänna råd (2011:27) om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd*.
- Frantzich, H. 1994. *En modell för dimensionering av förbindelser för utrymning utifrån funktionsbaserade krav*. Lund.
- Karlsson, B. Quintiere, J. 2000. *Enclosure Fire Dynamics*. USA.
- Nilsson, D. 2007. *Datorsimulering av utrymning vid brand: inventering av tre angreppssätt*. Lund.
- Nilsson, D., Holmstedt, G. 2008. *Kompendium i Aktiva system – Detektion*. Lund.
- Särdqvist, S. 1993. *Initial fires: RHR, Smoke production and CO generation from single items and room fire tests*. Lund.
- Brandskyddslaget. 2015. *Brandgasspridning via ventilationssystem*. Lund.
- MSB (Myndigheten för samhällsskydd och beredskap). <http://www.ida.msb.se> (Hämtad 2015-03-02).
- Multico Göteborg AB. <http://www.lastpall.com/produkter/eur-pall> (Hämtad 2015-03-16).
- Geiman, J. Gottuk, D. 2003. *Alarm Thresholds for Smoke Detector Modeling*. USA.
- FM Approvals. 2012. *Approval standard for water mist system*
- McGrattan et al. 2014. *Fire Dynamics Simulator User´s Guide*. USA.
- Frantzich, H. Nystedt, F. 2011. *Kvalitetsmanual för brandtekniska analyser vid svenska kärntekniska anläggningar*. Lund.



## Bilaga 1 – Beräkningar vid framtagning av effektutvecklingskurvor

Vid framtagning av dessa kurvor måste faktorn som begränsar branden, och därmed bestämmer den maximala effekten som kan uppnås, tas fram. Branden kan bli bränslekontrollerad eller ventilationskontrollerad. Samtliga ekvationer som används i denna bilaga är hämtade ur *Enclosure Fire Dynamics* (Karlsson & Quintiere, 2000).

Brand i förråd på läktaren

Den totala mängden energi som kan utvinnas ur materialet beräknas nedan.

Förbränningsvärmets för trä ansattes till 12000 kJ/kg (Karlsson & Quintiere, 2000). Stapeln med pallar var 1,22 meter och varje pall är 0,14 meter hög och för att få ut antalet pallar divideras dessa längder med varandra. Varje pall antas väga 24 kilo, vilket är något högre än medelvikten för en träpall (Multico, 2015).

Då detta förråd är litet till storleken och innehåller mycket material kommer övertändning att inträffa. Den effekt som råder vid denna tidpunkt beräknas nedan.

$$\dot{Q}_{FO} = 7,8 \cdot A_t + 378 \cdot A_o \cdot \sqrt{H_o} = 7,8 \cdot 87 + 378 \cdot 1,8 \cdot \sqrt{2} = 1571 \text{ kW}$$

Därefter beräknas den maximala effekt som kan uppstå då branden är ventilationskontrollerad och detta görs med hjälp av ekvationen nedan. Öppningshöjden utgörs av en kombination av dörröppningen som är 2,1 meter hög och 0,9 meter bred samt fönstret som är 1,5 meter högt och 2,5 meter brett.

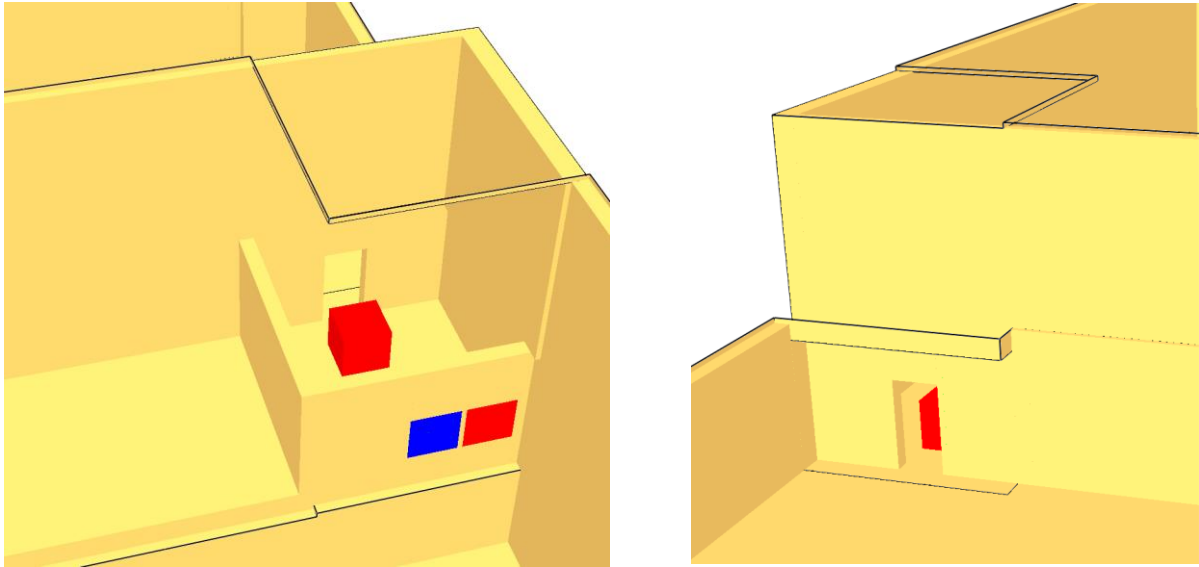
$$\dot{Q} = 1500 \cdot A_o \cdot \sqrt{H_o} = 1500 \cdot 5,64 \cdot \sqrt{1,7} = 14391 \text{ kW}$$

Då denna effekt är väldigt hög kommer den maximala effekten, som kan avläsas ur figur 21 till att vara 3700 kW, att bestämmas utifrån materialet istället. Bränslet kommer alltså att vara den faktor som kommer att begränsa brandens kapacitet.

$A_o$  utgörs av arean av öppningarna till utrymmet och  $H_o$  är en sammanlagd öppningshöjd för dessa och ekvationen för denna är:

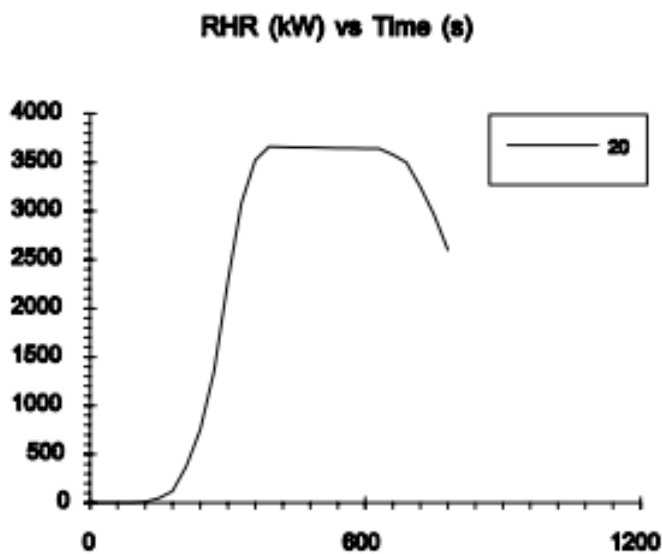
$$H_o = (A_1 h_1 + A_2 h_2 + \dots + A_n h_n) / A_o$$

Där  $A_o$  är den sammanlagda arean för öppningarna och  $A_1 h_1 + \dots + A_n h_n$  är dimensioner för öppningarna i utrymmet.



Figur 20.  $A_0$  och  $H_0$  för förrådet i den stora idrottshallen.

Experimentet, från vilket den maximala effekten 3700 kW erhöles, bestod i att en stapel träpallar på en höjd av 1,22 meter placerades fritt och förbrändes och resultatet från detta visas i figuren nedan (Särdqvist, 1993).



Figur 21. Effektutvecklingskurvan för en stapel med träpallar. Bilden är tagen från Initial Fires (Särdqvist, 1993).

$$Q = m \cdot \Delta H_c = 24 \cdot \frac{1,22}{0,14} \cdot 12000 = 2509714 \text{ kJ}$$

För att kunna beräkna tiden tills branden upphör dividerades den totala mängden energi som kan utvinnas med den maximala effekten. Den totala mängden energi beräknades genom att först integrera tillväxtkurvan, för att kunna ta reda på hur mycket energi som förbrukas under tillväxtfasen. Därefter subtraherades detta värde av det totala energiinnehållet för materialet. Detta värde dividerades sedan med den maximala effekten. För att erhålla den totala tiden för hela brandförloppet måste tiden fram tills den maximala effekten är uppnådd adderas. Beräkningsgången redovisas nedan.

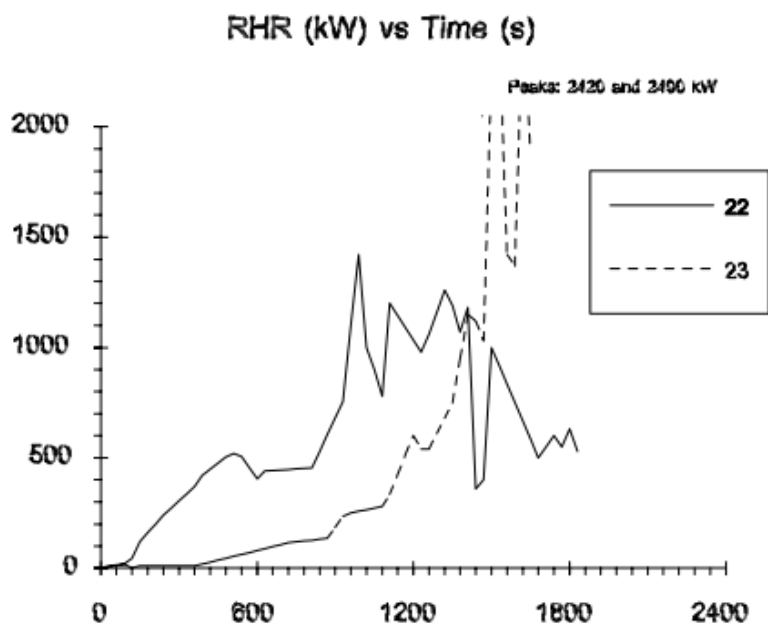
$$t = \sqrt{\frac{\dot{Q}}{\alpha}} = \sqrt{\frac{1571}{0,047}} = 183 \text{ sekunder}$$

$$Q_{\text{tillväxt}} = \int_0^t \alpha t^2 dt = \left[ \frac{\alpha t^3}{3} \right]_0^t = \frac{\alpha t^3}{3} = \frac{0,047 \cdot 183^3}{3} = 96013 \text{ kJ}$$

$$t = \frac{(Q_{\text{material}} - Q_{\text{tillväxt}})}{\dot{Q}} + t_{\text{tillväxt}} = \frac{(2509714 - 96013)}{3700} + 183 = 835 \text{ sekunder} = 14 \text{ minuter}$$

Brand i bowlinghallen

Branden i bowlinghallen anses motsvara en kontorsbrand då detta scenario antas starta i bowlinghallens reception. Mängden material som försöket av kontorsbranden innehöll motsvaras av 222 kilogram trä. Det totala energiinnehållet beräknas på samma sätt som tidigare och värdet 2662800 kJ erhöles. Den maximala effekten som kan uppnås var i detta experiment 2400 kW, se figuren nedan, och experimentet genomfördes genom att ett fritt stående kontor förbrändes (Särdqvist, 1993).



Figur 22. Effektutvecklingskurvan för ett kontor. Bilden är tagen ur *Initial Fires* (Särdqvist, 1993).

Beräkning över hur mycket energi som kan frigöras vid händelse av brand med avseende på hur mycket syre som finns i rummet visas nedan. För varje kilogram syre som förbrukas frigörs 13,1 MJ. Branden antas slockna på grund av kylning då syrehalten har gått ner till 15 massprocent. Rummets volym är 1483 m<sup>3</sup> (Karlsson & Quintiere, 2000).

$$Q = 13100 \cdot m_{O_2} = 13100 \cdot 1,2 \cdot (0,23 - 0,15) \cdot 1483 = 1865021 \text{ kJ}$$

Jämför man detta energiinnehåll med det som erhöles då bränslet kontrolleras kan man se att detta är mindre, det vill säga att syret kommer att vara den begränsande faktorn om man bara tar hänsyn till den mängd syre som finns i lokalen. Dock har denna lokal tre öppningar, som vardera är 2,1 meter höga och 0,9 meter breda, och den effekt som kan uppnås utifrån dessa är följande:

$$\dot{Q} = 1500 \cdot A_o \cdot \sqrt{H_o} = 1500 \cdot 5,7 \cdot \sqrt{2,1} = 12390 \text{ kW}$$

Då denna effekt är betydligt högre än den som uppnås då bränslet kontrollerar branden, så är det den senare som kommer att vara den maximala effekt som kan uppnås i detta scenario.

För att kontrollera om övertändning kommer att ske i detta scenario beräknades detta och då resultatet som erhöles var att den effekten var högre än den maximala för detta brandförlopp kommer det inte att inträffa, se beräkning nedan.

$$\dot{Q}_{FO} = 7,8 \cdot 1573 + 378 \cdot 5,7 \cdot \sqrt{2,1} = 15375 \text{ kW}$$

Tiden tills branden slocknar beräknas på samma sätt som i det förra scenariot och tiden som erhöles var 18 minuter, se beräkning nedan.

$$Q_{tillväxt} = \frac{0,012 \cdot 447^3}{3} = 357770 \text{ kJ}$$

$$t = \frac{(Q_{syretillgång} - Q_{tillväxt})}{\dot{Q}} + t_{tillväxt} = \frac{(2662800 - 357770)}{2400} + 447 = 1407 \text{ s} = 23 \text{ min}$$

Brand i lilla idrottshallen

Vid framtagning av effekt-kurvan för scenariot i den lilla idrottshallen utgicks det från samma experiment, en 1,22 meter stapel med träpallar, som användes för framtagning av motsvarande för scenariot i den stora idrottshallen.

Den största mängden energi som kan frigöras i detta scenario, då bränslet är den begränsande faktorn, är följande:

$$Q = m \cdot \Delta H_c = 24 \cdot \frac{1,22}{0,14} \cdot 12000 = 2509714 \text{ kJ}$$

Den effekt som krävs för att övertändning ska inträffa är:

$$\dot{Q}_{FO} = 7,8 \cdot 79,2 + 378 \cdot 12 \cdot \sqrt{2,4} = 7645 \text{ kW}$$

Där  $H_0$  är öppningen in till själva förrådets höjd, vilken är 2,4 meter.

Den maximala effekten som kan uppnås då syret är den kontrollerande faktorn är:

$$\dot{Q} = 1500 \cdot 12 \cdot \sqrt{2,4} = 27885 \text{ kW}$$

Då den maximala effekt som kan uppnås då materialet kontrollerar är 3700, se figur 21, kommer övertändning inte att inträffa. Den maximala effekten som kan uppnås antas alltså motsvara den som uppnås då materialet är den begränsande faktorn för branden.

Tiden till dess att branden slocknar erhöles genom följande beräkning:

$$Q_{tillväxt} = \frac{0,047 \cdot 281^3}{3} = 347613 \text{ kJ}$$

$$t = \frac{(2509714 - 347613)}{3700} + 281 = 865 \text{ s} = 14 \text{ min}$$

Branden kommer alltså att vara i 865 sekunder, vilket avrundas till 14 minuter.

## Bilaga 2 – Varseblivningstid

Varseblivningstiden är beräknad med hjälp av simuleringsprogram, men är validerat genom handberäkningar.

### DETECT-T2

Varseblivningstiden beräknades med simuleringsprogrammet DETACT-T2 (DETECTOR ACTuation – Time squared). Omgivningstemperaturen antas vid beräkningar vara 20°C. Eftersom detektorerna i byggnaden är rökdetektorer reagerar de på brandrökens partiklar och inte på den värmeökning som sker. Programmet DETACT-T2 däremot är baserat på värmedetektorer, varvid anpassningar har gjorts för att erhålla ett resultat som är representativt för rökdetektorer. RTI-värdet är lågt eftersom den termiska trögheten i en detektor är liten och detektionstiden är kort. I simuleringarna har RTI-värdet ansatts till 0,5. Aktiveringstemperaturen är satt till att vara 13°C högre än omgivningstemperaturen och temperaturstigningen är satt till att aktivera detektorn då temperaturen stiger med 4°C/min. Antagandet om att rökdetektorerna aktiverar vid en temperatur som är 13°C högre än rumstemperaturen är konservativt (Nilsson & Holmstedt, 2008).

Resultatet som visas i figuren nedan är det som erhöles då tid till aktivering av en rökdetektor i den stora idrottshallen beräknades. Den rökdetektor som beräkningen genomfördes på var en av de detektorer som är placerade utanför förrådet i multisporthallen.

Tid till detektoraktivering togs för när den fasta temperaturen 33°C uppnåddes. Detta kriterium tog längst tid att uppnå och gav därmed ett konservativt värde för varseblivningstiden.

#### DETECTOR ACTuation - Time squared

Ambient temperature (°C)	20
Detector Response Time Index (RTI)	0,5
Detector Activation Temperature (°C)	33
Detector Rate of Temperature Rise (°C/min)	4
Room Ceiling Height (m)	3
Detector Spacing (m)	6
Fire Growth Rate	Fast
Fire Growth Rate (W/s <sup>2</sup> )	46,888889
<input type="button" value="Calculate!"/>	
<b>For temperature actuated detector:</b>	
Time to Activation (min)	1,32
Heat Release Rate (kW)	293
<b>For rate of rise actuation detector:</b>	
Time to Activation (min)	0,75
Heat Release Rate (kW)	94

Figur 23. Resultat från DETACT-T2 för förrådet på läktaren i den stora idrottshallen.

Aktivering vid brand i förrådet på läktaren i den stora idrottshallen är alltså 1 minut och 20 sekunder.

I bowlinghallen finns det en detektor i taket vid kafeterian. Ingångsparametrar och resultat på aktiveringstid kan avläsas i figur 24.

#### DETECTOR ACTUATION - Time squared

Ambient temperature (°C)	20
Detector Response Time Index (RTI)	0,5
Detector Activation Temperature (°C)	33
Detector Rate of Temperature Rise (°C/min)	4
Room Ceiling Height (m)	2,5
Detector Spacing (m)	6
Fire Growth Rate	Medium
Fire Growth Rate (W/s <sup>2</sup> )	11,722222
<b>Calculate!</b>	

#### For temperature actuated detector:

Time to Activation (min)	2,01
Heat Release Rate (kW)	170

#### For rate of rise actuation detector:

Time to Activation (min)	1
Heat Release Rate (kW)	42

Figur 24. Resultat från DETACT-T2 för bowlinghallen.

I bowlinghallen aktiverar alltså detektorn efter ungefär 2 minuter.

Slutligen beräknades även tid till aktivering av detektorn i den lilla idrottshallen, vilket visas i figur 25 nedan.

#### DETECTOR ACTUATION - Time squared

Ambient temperature (°C)	20
Detector Response Time Index (RTI)	0,5
Detector Activation Temperature (°C)	33
Detector Rate of Temperature Rise (°C/min)	4
Room Ceiling Height (m)	5
Detector Spacing (m)	6
Fire Growth Rate	Fast
Fire Growth Rate (W/s <sup>2</sup> )	46,888889
<b>Calculate!</b>	

#### For temperature actuated detector:

Time to Activation (min)	1,64
Heat Release Rate (kW)	454

#### For rate of rise actuation detector:

Time to Activation (min)	0,87
Heat Release Rate (kW)	126

Figur 25. Resultat från DETACT-T2 för den lilla idrottshallen.

Detektoraktivering inträffade efter ungefär 1 minut och 40 sekunder.



## Handberäkningar

För att uppskatta aktiveringstiden för detektorerna används ett förhållande mellan temperaturen och den optiska densiteten per meter. Den optiska densiteten per meter är proportionell mot temperaturökningen för ett specifikt bränsle och förbrännings sätt i alla punkter. Det innebär att kvoten mellan den optiska densiteten och temperaturökningen är konstant vid taket.

$$\frac{D_L}{\Delta T} = \text{konstant}$$

ekvation 5

Approximativa värden på detta kan hämtas ur tabell 26, och det närmast liknande tillgängliga bränslet, som motsvarar de dimensionerade bränderna, är pappersskräp i korg. Eftersom dessa handberäkningar endast används som validering av aktiveringstid simulerat i DETACT-T2 anses pappersskräp vara tillräckligt representativt i alla tre scenarier (Nilsson, 2008).

För att verifiera resultatet framtaget i DETACT-T2 utfördes handberäkningar av aktiveringstiden. I dessa beräkningar används optisk densitet per meter för att uppskatta tid till detektoraktivering.

Initialt krävs vetskap om vid vilken optisk densitet per meter en detektor aktiveras. Detta varierar mellan olika material, vilket gör det svårt att uppskatta detta värde. Tre olika tester utförda på liknande sätt användes för att få en representativ optisk densitet per meter. I de tre scenarier som analyseras i denna rapport antogs flambränder. För att uppskatta värdet på den optiska densiteten per meter valdes de värden där 50 % av alla detektorer hade aktiverat i experimenten. Vidare användes endast de värden som avsåg optiska detektorer (photo i figur 26).

**Table 1 - OD Alarm Thresholds**

Test Series	Detector Type	Nominal Sensitivity (OD/m)	Fire Source <sup>a</sup>	ODM Alarm Thresholds (OD/m)			ODM Value at Alarm (OD/m)		# Dets
				20%	50%	80%	Mean	Std Dev	
Indiana Dunes	Ion	0.0143	F	0.003	0.015	0.090	0.060	0.117	49
Indiana Dunes	Photo	0.0143	F	0.018	0.045	0.118	0.138	0.237	42
Indiana Dunes	Ion	0.0288	F	0.003	0.024	0.116	0.081	0.133	54
Indiana Dunes	Photo	0.0288	F	0.022	0.057	0.118	0.138	0.227	41
Indiana Dunes	Ion	0.0143	S	0.032	0.078	0.186	0.111	0.098	83
Indiana Dunes	Photo	0.0143	S	0.021	0.040	0.087	0.074	0.111	69
Indiana Dunes	Ion	0.0288	S	0.057	0.127	0.186	0.149	0.136	96
Indiana Dunes	Photo	0.0288	S	0.033	0.057	0.118	0.082	0.084	76
Navy	Ion	0.0071	F	0.007	0.015	0.044	0.025	0.026	46
Navy	Photo	0.0071	F	0.012	0.028	0.056	0.031	0.026	43
Navy	Ion	0.0186	F	0.011	0.022	0.065	0.034	0.037	45
Navy	Photo	0.0361	F	0.028	0.049	0.057	0.055	0.046	14
Navy	Photo	0.0508	F	0.044	0.068	0.121	0.082	0.049	22
Navy	Ion	0.0071	S	0.028	0.081	0.116	0.079	0.049	18
Navy	Photo	0.0071	S	0.028	0.042	0.066	0.061	0.057	25
Navy	Ion	0.0186	S	0.025	0.090	0.138	0.082	0.057	14
Navy	Photo	0.0361	S	0.030	0.065	0.076	0.074	0.065	6
Navy	Photo	0.0508	S	0.063	0.079	0.125	0.093	0.046	20
FRS	Ion	0.0129	F	0.013	0.025	0.062	0.039	0.039	15
FRS	Ion	0.023	F	0.006	0.023	0.053	0.032	0.034	15
FRS	Photo	0.027	F	0.056	0.120	0.165	0.117	0.061	15
FRS	Photo	0.0295	F	0.034	0.072	0.104	0.069	0.038	15
FRS	Ion	0.0129	S	0.098	0.205	0.267	0.212	0.125	11
FRS	Ion	0.023	S	0.032	0.094	0.164	0.100	0.074	12
FRS	Photo	0.027	S	0.038	0.089	0.160	0.100	0.058	13
FRS	Photo	0.0295	S	0.014	0.044	0.136	0.103	0.146	13

<sup>a</sup> F = Flaming Fires; S = Smoldering Fires

Figur 26. Olika detektorers aktiveringsvärde i optisk densitet per meter (Geiman & Gottuk, 2003).

Medelvärde på den optiska densiteten per meter  $D_L$  är följaktligen 0,063 OD/m. Detta värde är enligt amerikanska mått, och för att anpassas efter europeiska enheter multipliceras detta värde med  $\ln(10)$ .

Kvoten, ekvation 5, för en brinnande papperskorg är 0,0041 [ $m^{-1}/K$ ] (Nilsson & Holmstedt, 2008).

$$\frac{D_L}{\Delta T} = 0,0041 \text{ m}^{-1}/K$$

Temperaturökningen då detektorerna aktiveras blir efter omskrivning av ekvation 5, där värdet på  $D_L$  hämtas ur figur 26, 35°C.

$$\Delta T = \frac{D_L}{0,0041}$$

$$\Delta T = \frac{0,063 \cdot \ln(10)}{0,0041} \approx 35^\circ\text{C}$$

Eftersom starttemperaturen i alla scenarier antas vara 20°C blir aktiveringstemperaturen följaktligen 55°C. Vid vilken tidpunkt denna temperatur uppnås letas upp i utdata från FDS-simuleringarna.

I multihallen utanför brandrummet uppnås en temperaturökning om 35°C i brandgaslagret efter 1 minut och 30 sekunder.

I bowlinghallen når brandgaslagret temperaturen 55°C efter ungefär 2 minuter.

I den lilla idrottshallen når temperaturen i ett temperaturelement placerat i takhöjd 55°C efter 1 minut och 35 sekunder.

## Bilaga 3 – Handberäkning av förflyttningstid

För att kunna göra en handberäkning för förflyttningstiden används följande ekvation:

$$t_{\text{förflyttning}} = \frac{l}{v} + \frac{n}{b \cdot f} \quad \text{ekvation 6}$$

$l$  – längsta avstånd till nödutgång från lokalen [m]

$v$  – gånghastighet [m/s]

$n$  – antal personer [st]

$b$  – dörrbredd [m]

$f$  – personflöde [p/sm]

Brand i förråd på läktaren

Vid handberäkning av förflyttning i den stora idrottshallen antas hälften av personerna att utrymma via foajén och resterande via multihallen.

$$\frac{(10,9 \cdot 3,26)}{0,6} + \frac{74}{(1,2 \cdot 0,75)} = 141 \text{ sekunder}$$

$$\frac{(9,9 \cdot 3,26)}{0,6} + \frac{75}{(0,9 \cdot 0,75)} = 165 \text{ sekunder}$$

Tid till fullbordad förflyttning från den stora idrottshallen blir då 2,8 minuter.

Brand i bowlinghallen

Vid beräkning av förflyttningstiden i detta scenario antas hälften av personerna utrymma via den smala gången som löper parallellt med bowlingbanorna och ut via maskinrummet och resterande antas utrymma via huvudingången.

$$\frac{(14,3 \cdot 3,26)}{0,6} + \frac{50}{(0,9 \cdot 0,75)} = 152 \text{ sekunder}$$

$$\frac{(10,2 \cdot 3,26)}{0,6} + \frac{50}{(0,9 \cdot 0,75)} = 130 \text{ sekunder}$$

Förflyttningstiden i detta scenario blir 2,5 minuter.

I samtliga scenario har utrymning i trappor förenklats bort, vilket resulterar i att den faktiska utrymningstiden blir något längre. Denna skillnad blir dock marginell då gånghastigheten i trappor är 0,5 medan den i vanliga fall ansätts till 0,6 m/s. Detta förenklande har även gjorts i Simulex.

Brand i lilla idrottshallen

Hälften av personerna antas vid handberäkningen att utrymma via foajén och hälften antas utrymma via utomhusförrådet.

$$\frac{(12,5 \cdot 3,26)}{0,6} + \frac{50}{(0,9 \cdot 0,75)} = 142 \text{ sekunder}$$

$$\frac{(6,4 \cdot 3,26)}{0,6} + \frac{50}{(0,9 \cdot 0,75)} = 108 \text{ sekunder}$$

Tid till fulländad förflyttning i detta scenario blir då 2,4 minuter, vilket motsvarar den längsta tiden i minuter.



## Bilaga 4 – Strålningsberäkningar

Handberäkning av strålning för respektive scenario redovisas nedan och denna parameter beräknas med följande ekvation:

$$\dot{Q}'' = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4 \cdot \varphi \quad \text{ekvation 7}$$

$\varepsilon$  – emissivitet [-]

$\sigma$  – Stefan-Boltzmanns konstant [ $\text{W/m}^2\text{K}^4$ ]

$T$  – Temperatur [K]

$\varphi$  – synfaktorn [-]

Emissiviteten sätts till 1 för att konservativa resultat ska erhållas.

Synfaktorn tas fram genom följande ekvationer och tabell:

$$S = \frac{L_1}{L_2} \quad \text{ekvation 8}$$

$$\alpha = \frac{(L_1 \cdot L_2)}{D^2} \quad \text{ekvation 9}$$

Tabell 14. Tabell för framtagning av synfaktorn.

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

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

Vid följande beräkningar är det längden från branden till där strålningen uppgår till 2500 watt som beräknas.

Vid beräkning av strålning från brandgaslagret ansätts synfaktorn och emissiviteten till 1 i ekvation 7 för att få ett konservativt resultat. Brandgaslagrets temperatur hämtas från genomförda FDS-simuleringar, och den högsta temperatur som uppnås inom utrymningstiden väljs.

Brand i förråd på läktaren

I detta scenario antas branden att stråla från en yta som motsvaras av öppningen in till förrådet som ligger i anslutning till stora idrottshallen. Denna är 0,9 meter bred och 2,1 meter hög.

$$\varphi = \frac{2500}{(5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 1173^4)} = 0,023$$

$$S = \frac{0,45}{1,05} = 0,4$$

$$D = \sqrt{\frac{0,45 \cdot 1,05}{0,08}} = 2,4 \text{ meter}$$

Om någon person befinner sig närmre än 2,4 meter utsätts denne för högre strålning än vad acceptanskriteriet tillåter.

Strålningen från brandgaslagret mot de personer som utrymmer från läktaren beräknas med ekvation 7.

$$\dot{Q}'' = 1 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 349^4 = 841 \text{ W/m}^2$$

Eftersom detta underskrider den kritiska strålningsnivån om  $2500 \text{ W/m}^2$  är strålning från brandgaslagret inte ett problem vid utrymning från läktaren i stora hallen. Eftersom strålningen dessutom understiger  $1 \text{ kW/m}^2$  nås ingen kritisk värmedos, se avsnitt 3.2 *Skadekriterier*.

I multihallen är beräkningsgången den samma.

$$\dot{Q}'' = 1 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 483^4 = 3086 \text{ W/m}^2$$

Den maximala strålningen överstiger alltså kriteriet i multihallen. Temperaturkurvan integreras över den tid då en strålningsnivå om  $1 \text{ kW/m}^2$  uppnåtts, till dess att utrymning är fullbordad, för att erhålla värmedosen. Även denna når över kritiska nivåer.

Brand i bowlinghallen

I detta scenario antas branden uppstå i en spis och denna antas ha bredden 0,7 meter. Flamhöjden beräknades med hjälp av följande ekvation:

$$L = 0,235 \cdot \dot{Q}^{\frac{2}{5}} - 1,02 \cdot D \quad \text{ekvation 10}$$

$$L = 0,235 \cdot 2400^{\frac{2}{5}} - 1,02 \cdot 0,7 = 4,6 \text{ meter}$$

Då takhöjden endast är 2,5 meter är det denna höjd som används vid fortsatta beräkningar.

$$\varphi = 0,023$$

$$S = \frac{0,35}{1,25} = 0,3$$

$$D = \sqrt{\frac{0,35 \cdot 1,25}{0,085}} = 2,3 \text{ meter}$$

I detta scenario kan personer befinna sig max på avståndet 2,3 meter innan acceptanskriterierna för strålning överskrids.

Samtliga beräkningar gäller enbart strålning från flammen och dessa värden är konservativa, men ger en inblick i hur strålningen kan påverka utrymningsförloppet vid branden.

Sedan beräknas strålningen från brandgaslagret i den utrymningsväg som är bredvid kafeterian och inte heller denna uppnådde kritiska strålningsnivåer.

$$\dot{Q}'' = 1 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 334^4 = 705 \text{ W/m}^2$$

Eftersom strålningen dessutom understiger  $1 \text{ kW/m}^2$  nås ingen kritisk värmedos, se avsnitt 3.2 Skadekriterier.

Brand i lilla idrottshallen

I detta scenario antas branden att stråla från en yta som i bredd motsvaras av en träpalls bredd och i höjddled motsvaras av öppningen in till förrådets höjd. En pall är 1,22 meter bred och öppningens höjd är 2,4 meter hög.

$$\varphi = 0,023$$

$$S = \frac{0,6}{1,2} = 0,5$$

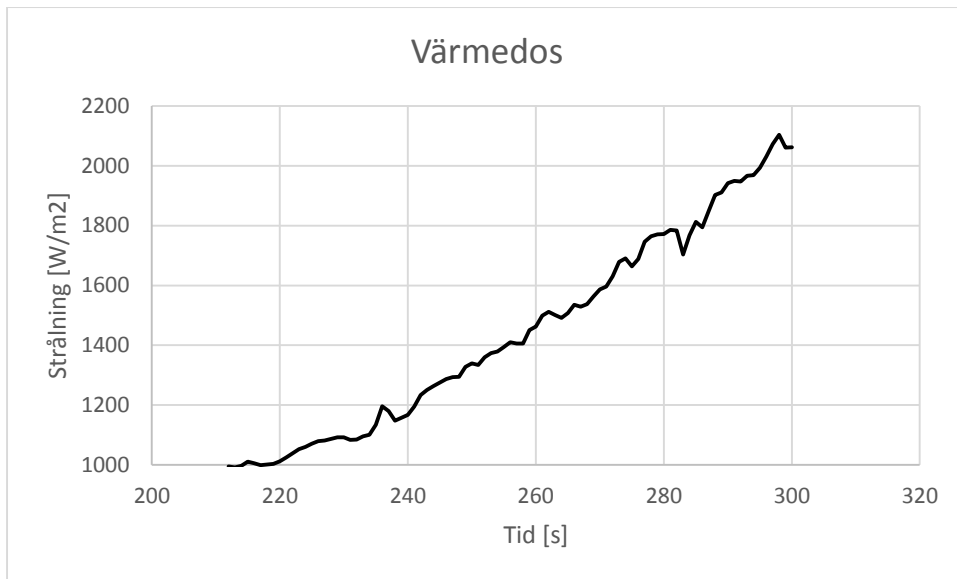
$$D = \sqrt{\frac{0,6 \cdot 1,2}{0,08}} = 3 \text{ meter}$$

I detta scenario kommer acceptanskriteriet att överskridas om någon person befinner sig närmre än 3 meter från branden.

Även i lilla hallen beräknas strålningen från brandgaslagret. Eftersom det är så högt i tak i denna lokal blir resultatet missvisande om den högsta temperaturen som uppnås används i ekvationen. Med detta som bakgrund studeras endast de termoelement som är lägre i brandgaslagret (upp till 2 meters höjd). Den högsta temperatur som uppnås inom utrymningstiden i brandgaslagret bortsett brandplymen ut från förrådet är  $164 \text{ }^\circ\text{C}$ .

$$\dot{Q}'' = 1 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 437^4 = 2067 \text{ W/m}^2$$

För att beräkna värmedosen approximeras temperaturen i brandgaslagret till en linjär ökning och så även strålningen. Kurvan integreras mellan den tid en strålningsnivå om  $1 \text{ kW/m}^2$  (se skadekriterier) uppnås och den tid utrymning tar.



Figur 27. Strålningen som funktion av tiden.

Värmedosen blir följaktligen  $44 \text{ kJ/m}^2$  och därmed överskrids inte skadekriteriet.



## Bilaga 5 – FDS, antaganden och motiveringar

För de utvalda brandscenarierna användes datorsimuleringsprogrammet FDS, som är ett program som bygger på Navier-Stokes ekvationer, för att simulera potentiella brandförlopp. Brandens storlek följer de effekt-kurvor som beräknades fram tidigare i rapporten för samtliga scenarier.

Från simuleringen skall temperaturer, toxicitet och sikt mätas. Sikten mäts vid nödutgångar, för att kunna kontrollera att minimikravet på 10 meter sikt uppnås. Toxicitet och temperatur mäts så att nivåerna för dessa, som personer utsätts för, ej överstiger gränsvärdena. Detta görs med hjälp av genomskärningsfiler för toxicitet och temperatur, som går horisontellt över golvet vid huvudhöjd. Termoelementtråden är även placerade på ett sådant sätt att brandgaslagrets temperatur och höjd över marken kan bestämmas.

Värden för soot yield togs för trä för samtliga scenarier och så även värdet för förbränningsvärmnet. Värdet för soot yield ansattes till 0,015 g/g, CO yield ansattes till 0,014 g/g och värdet på förbränningsvärmnet var 12000 kJ/kg, vilket är det effektiva förbränningsvärmnet (Karlsson & Quintiere, 2000). Det effektiva förbränningsvärmnet valdes för att FDS ska slippa räkna om förbränningsvärmnet med hänsyn tagen till soot och CO yielderna (McGrattan et al, 2014). Formeln för trä som användes vid simuleringarna var  $C_6H_{10}O_5$  (Karlsson & Quintiere, 2000).

Geometrin där respektive scenario utspelar sig har förenklats till att endast täcka in det som anses vara relevant för resultaten, det vill säga att möbler, redskap och liknande har förenklats bort.

Programmet kommer med vissa egenskaper, som ofrivilligt påverkar resultaten, och de viktigaste av dessa är följande:

Geometrierna byggs upp av kuber och därmed är sluttningar och böjar svåra att bygga. Därför valdes till exempel läktaren att approximeras till ett plant plan på en medelhöjd mellan högsta och lägsta punkt.

Cellstorleken är den avgörande faktorn för kvalitén på beräkningarna eftersom FDS inte kan beräkna variationer inom en cell. Istället beräknas medelvärden inom varje cell, där ett finare rutnät innebär att enskilda medelvärden beräknas för en mindre volym, med en mer korrekt beskrivning av brandförloppet som följd.

$$D^* = \left( \frac{\dot{Q}}{\rho_{\infty} \cdot c_p \cdot T_{\infty} \cdot \sqrt{g}} \right)^{2/5} \quad \text{ekvation 11}$$

Ekvation 11 visar en kvalitetskontroll av cellstorleken,  $D^*/\Delta x$  ska helst ligga inom 10-20 för cellstorleken vid branden, där  $\Delta x$  är cellstorleken. Dock så ger ett  $D^*/\Delta x$  på 5-10 ett tillförlitligt resultat (Frantzich & Nystedt, 2011).

En snabb kvalitetskontroll över branden visade att  $Q^*$  låg utanför det rekommenderade intervallet i början av brandförloppet, se ekvation 12. Detta innebär att branden är för svag för att FDS ska på ett korrekt sätt kunna beräkna flamhöjd, plymtemperatur med mera. Att använda andra funktioner hade inneburit att brandförloppet inte överensstämde med effektkurvorna. (Frantzich & Nystedt, 2011).

$$Q^* = \frac{\dot{Q}}{\rho_{\infty} \cdot c_p \cdot T_{\infty} \cdot \sqrt{g} \cdot D \cdot D^2}$$

ekvation 12

Eftersom cellerna beräknas som homogena volymer kan lokalens utseende komma att anpassas något efter mesherna på vissa ställen.

FDS använder LES (Large Eddy Simulation) för att lösa turbulens i simulering. När virvlarna är mindre än cellerna måste en undermodell (sub-gridmodell) användas för att lösa den turbulensen. Undermodellen är egentligen bara en energiekvation som skingrar energin i turbulensen som värme genom viskositet. Det erhålls således inte en fullständig representation av turbulensen.

Väggarna för samtliga simuleringar antogs vara av betong istället för flera material. Betongens egenskaper i simuleringar ses i tabell 15.

Tabell 15. Betongs egenskaper vid simuleringarna.

EGENSKAP	VÄRDE
Konduktivitet ( $\kappa$ )	1.1 (W/(m · K))
Densitet ( $\rho$ )	2300 (kg/m <sup>3</sup> )
Specifik värmekapacitet ( $C_p$ )	0.88 (kJ/(kg · K))
Emissivitet ( $\epsilon$ )	0.9 (-)
Tjocklek (d)	0.3 (m)

För att mäta temperatur i samtliga scenario mättes temperaturen i utvalda punkter. Vid användning av temperatur-funktionen mäts temperaturen i varje ögonblick, och därmed kan mätresultaten fluktuera mycket till följd av turbulens. Dessa fluktueringar är något som utrymmande personer antas uppleva, vilket låg till grund för valet av mätmetod.

Brand i förråd på läktaren

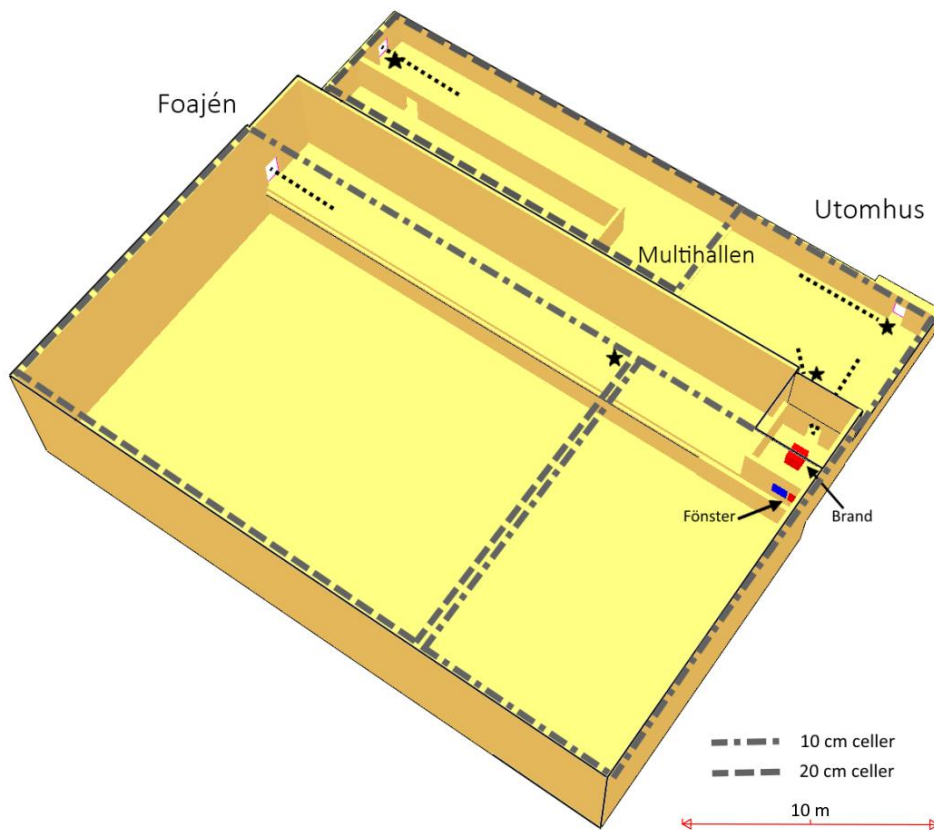
För att bestämma cellstorlek för utrymmet användes ekvation 11.

$$D^* = \left( \frac{740}{1,2 \cdot 1 \cdot 293 \cdot \sqrt{9,81}} \right)^{2/5} = 0.853$$

Detta innebär att en cellstorlek på 10 centimeter ger ett värde på 8,53, vilket inte är optimalt. Dock så får denna felkälla accepteras eftersom mindre celler hade tagit för lång tid. Dock ligger 8,53 inom intervallet 5-10, vilket ger tillförlitliga resultat. I brandrummet (förrådet) samt närmst utanför, både ut i multihallen och ut i stora hallen, är cellstorleken 10 centimeter. I övriga delar av simuleringegeometrin är cellstorleken 20 centimeter.

För att ta hänsyn till fönstren i förrådsutrymmet öppnas delar av förrådets väggar, motsvarande den yta som fönstren täcker, vid övertändning eftersom vid denna tidpunkt antas dessa fönster spricka till följd av branden.

Geometrin har förenklats genom att ta bort föremål såsom pingisbord och stolar. Läktaren har förenklats till ett platt plan beläget 5 meter från taket. Denna höjd är medelhöjden mellan den högsta respektive lägsta punkten på läktaren. Geometrin visas i figur 28.



Figur 28. Stora idrottshallen uppbyggd i FDS. Taket är transparent. I de borte delarna av den stora idrottshallen och multihallen är cellstorleken 20 centimeter, i övrigt är cellstorleken 10 centimeter.

### Bowlinghallen

För att bestämma cellstorlek för utrymmet användes ekvation 11.

$$D^* = \left( \frac{480}{1,2 \cdot 1 \cdot 293 \cdot \sqrt{9,81}} \right)^{2/5} = 0.717$$

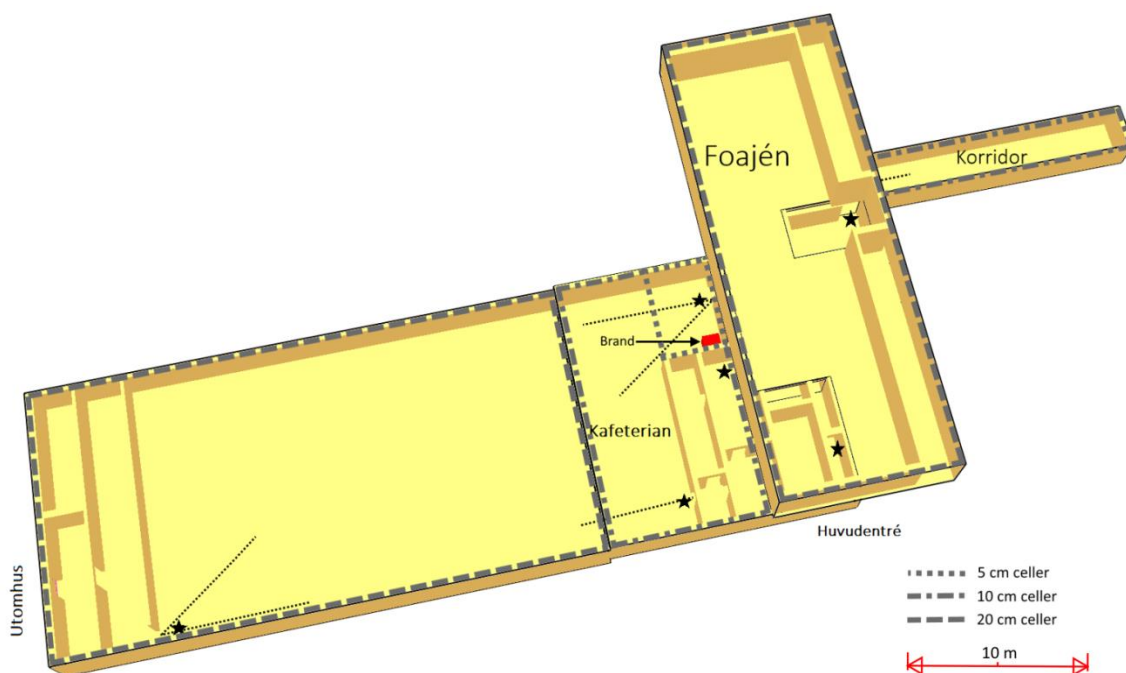
Detta innebär att en cellstorlek på 5 centimeter ger ett värde på 14,3, vilket är inom intervallet. I brandutrymmet är cellerna alltså 5 centimeter, vid utrymmena bredvid brandutrymmet, det vill säga kafeterian och omklädningsrummen, är cellstorleken 10 centimeter. I övriga delar av simuleringsgeometrin är cellstorleken 20 centimeter.

Scenariot innebär att en brand uppstår bakom receptionen i bowlinghallen. Scenariot kommer även att ge en bild av förhållandena som råder i korridoren utanför, eftersom rökspridning ut till korridoren bakom kan innebära problem då takhöjden enbart är 2,1 meter. Detta innebär att brandgaserna lätt kan komma att inandas och orsaka skada. Eftersom korridoren även ligger i anslutning till flera rum, så kan utrymning genom korridoren vara ett faromoment.

Bowlinghallen har även en utrymningsväg som går via maskinrummet, som ligger bakom bowlingbanorna, och därför kan vara svår att upptäcka vid händelse av brand. Geometrin förenklades genom att bord, stolar och övrig inredning bortsågs ifrån förutom dörrar och väggar.

Rökspridning upp till foajén tas hänsyn till genom mätpunkter i form av termoelementträd. Foajén representerades genom att bygga upp ett rektangulärt utrymme ovanför

bowlinghallen. Dörren till bowlinghallen sattes till att vara öppen under händelseförloppet, så att rökspridningen till foajén kunde simuleras och mätningar göras.



Figur 29. Bowlinghallen uppbyggt i FDS. Taket i bowlinghallen och foajén är genomskinligt. Storleken på de olika mesherna är markerade i figuren. Under foajégolvet är cellstorleken 10 cm. Närmast elden är cellerna 5 cm, i kafeterian och övriga utrymmen under foajén är cellstorleken 10 cm, och i den bortre delen av bowlinghallen samt i foajén är cellstorleken 20 cm.

### Lilla idrottshallen

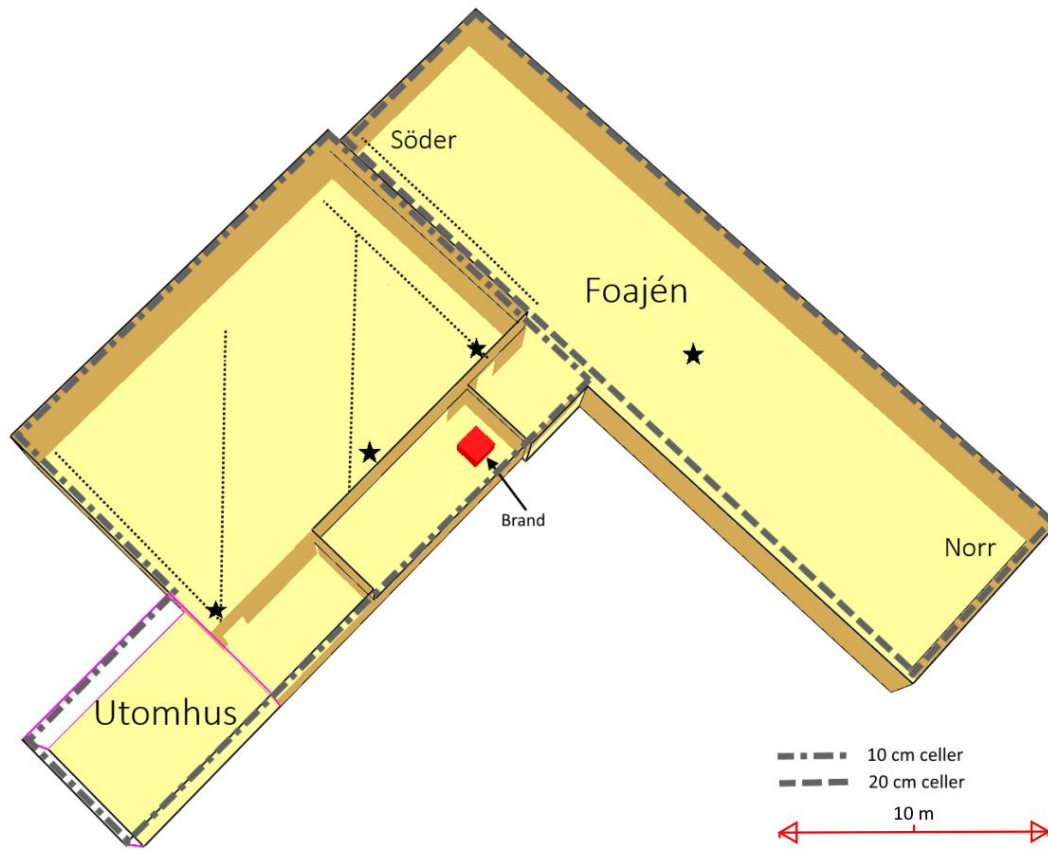
För att bestämma cellstorlek för utrymmet användes ekvation 11.

$$D^* = \left( \frac{740}{1,2 \cdot 1 \cdot 293 \cdot \sqrt{9,81}} \right)^{2/5} = 0,853$$

Detta innebär att en cellstorlek på 10 centimeter ger ett värde på 8,53, vilket inte är optimalt. Dock får denna felkälla accepteras, eftersom mindre celler hade tagit för lång tid. Däremot ligger 8,53 inom intervallet 5-10, vilket ger tillförlitliga resultat. I brandrummet (förrådet), i trapphuset som leder upp till foajén och i själva idrottshallen, är cellstorleken 10 centimeter. I övriga delar av simuleringsgeometrin är cellstorleken 20 centimeter.

Då rökspridning till foajén är kritiskt är det viktigt att undersöka detta och därför gjordes antagandet att dörren från lilla hallen ska stå helt öppen under hela brandförloppet. Foajén är stor och på grund av att trappan inte fyller någon funktion i detta scenario gjordes förenklingen att trappan ner till källaren kunde bortses ifrån.

Foajéns geometri förenklades ytterligare till en rektangel och köksdörrarna antogs vara stängda under hela brandförloppet. Geometrin i den lilla idrottshallen förenklades genom att redskap i förrådet antogs motsvara en stapel med träpallar samt att alla redskap som var upphängda på väggarna med mera förenklades bort.



Figur 30. Lilla idrottshallen uppbyggt i FDS. I den lilla idrottshallen är cellstorleken 10 cm, och i foajén utanför är cellernas storlek 20 cm.



## Bilaga 6 – Simulex

Partikelmodellen Simulex är en mjukvara som används för att simulera förflyttning av människor ut ur en byggnad. Programmet är ett alternativ för simulering av evakuering ur byggnader vid händelse av brand. Det finns även andra mjukvaror som till exempel Pathfinder.

Simulex är en partikelmodell och därför ges personerna i programmet en x- och en y-koordinat, som beskriver deras position. De har också tilldelats en vinkel, som beskriver deras riktning. Detta simuleringsprogram bygger alltså inte på rutnät där varje ruta maximalt kan innehålla en person.

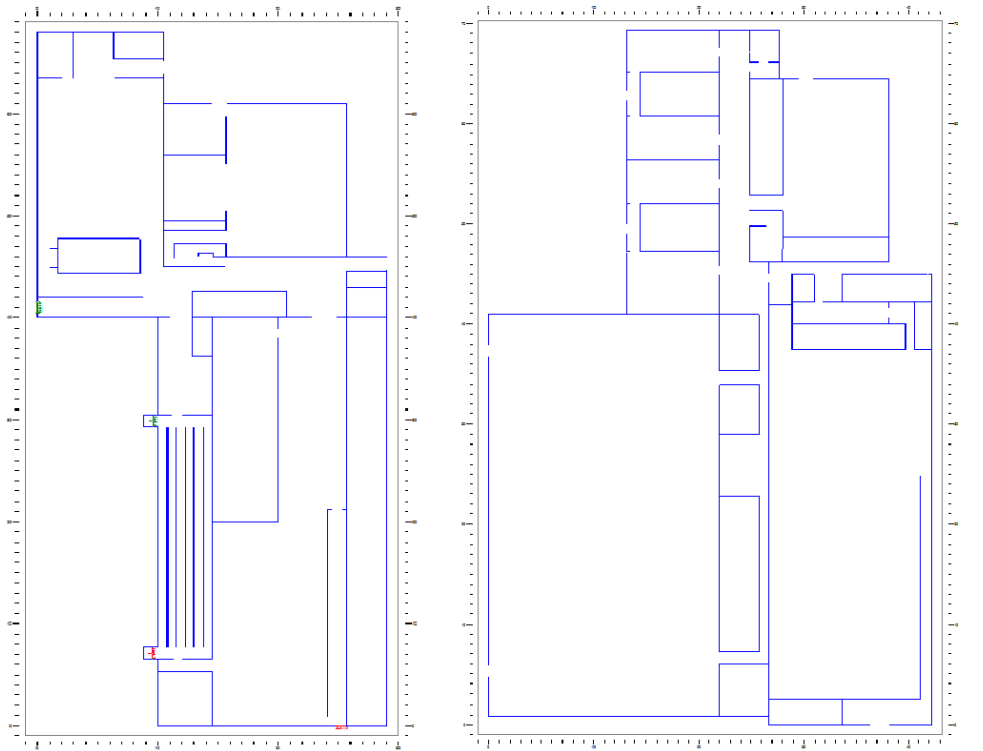
Två personer kan förhindra varandras förflyttning om dessa kommer för nära. Anledningen till detta är de restriktioner som finns i form av minimiavstånd mellan personer (Nilsson, 2007).

Gånghastigheten i Simulex är mellan 0,8 – 1,7 m/s och väljs slumpmässigt. Denna gånghastighet gäller vid obehindrad förflyttning. Vid förhindrad förflyttning beror gånghastigheten på avståndet till framförvarande personer. Gånghastigheter för nedgång respektive uppgång i trappor skalas med 0,5 respektive 0,35 för gånghastigheten. Gånghastigheten anpassas för att ta hänsyn till framförvarande personer och om personerna inte tilldelas en utrymningsväg kommer de att automatiskt välja den närmsta (Nilsson, 2007).

Programmets gränssnitt är väldigt likt gränssnittet i befintliga CAD-program och ritningar i Simulex ritas i det öppna CAD-formatet DXF. En byggnad i Simulex byggs upp i våningsplan och ansluts till varandra genom trappor. I dessa kan personflöden inte bestämmas. Nödutgångar placerades ut på våningsplanen och avståndskartorna räknades. Avståndskartor utgör avstånden till respektive nödutgång. Därefter kan människor placeras ut på våningsplanen och simulering av evakuering kan genomföras.

Avståndskartorna kan modifieras för att enbart inkludera vissa nödutgångar. Detta är användbart till exempel om en brand blockerar en nödutgång eller brandgaserna omöjliggör utrymning via en eller flera specifika utgångar. I Simulex kan även människors egenskaper ändras, såsom vilken typ av människor som kan tänkas befinna sig i byggnaden, allt från äldre till barn, men även deras storlek. Det finns fördefinierade egenskaper för olika persontyper, men dessa går att ändra genom att gå direkt in i programmets indatafil och ändra egenskaperna. Förberedelsetiden, det vill säga tiden från att ett larm går dess att till förflyttning påbörjas, är en parameter som även den kan ställas in i programmet.

Nedan visas geometrierna som ritades upp i CAD och som simuleringarna sedan utfördes i.



Figur 31. Geometrierna som användes vid simuleringarna i Simulex. Till vänster visas ovanvåningen och till höger visas nedervåningen av objektet.



## Bilaga 7 – Resultat från FDS vid ursprungssimuleringarna

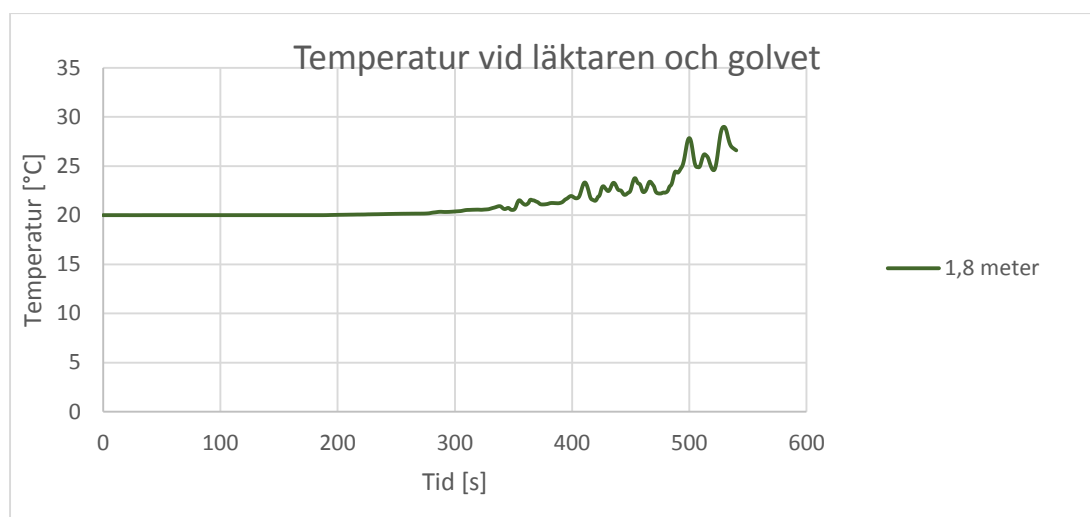
Nedan visas resultatet från FDS-simuleringarna för de olika scenarierna. Dessa kommer sedan att jämföras med acceptanskriterierna, se tabell 2, för att kunna ta reda på huruvida dessa kommer att överskridas eller ej i respektive scenario. För samtliga figurer är serierna döpta efter vilken höjd ovan golv som mätpunkterna är utplacerad på.

### Brand i förråd på läktaren

Nedan presenteras resultaten från FDS-simuleringarna från den stora idrottshallen. I graferna presenteras resultaten för mätning av sikt och temperatur, vilka även finns redovisade i tabellen från mätningarna i genomskärningsfilerna. I denna tabell finns även resultaten från mätning av halten kolmonoxid och koldioxid.

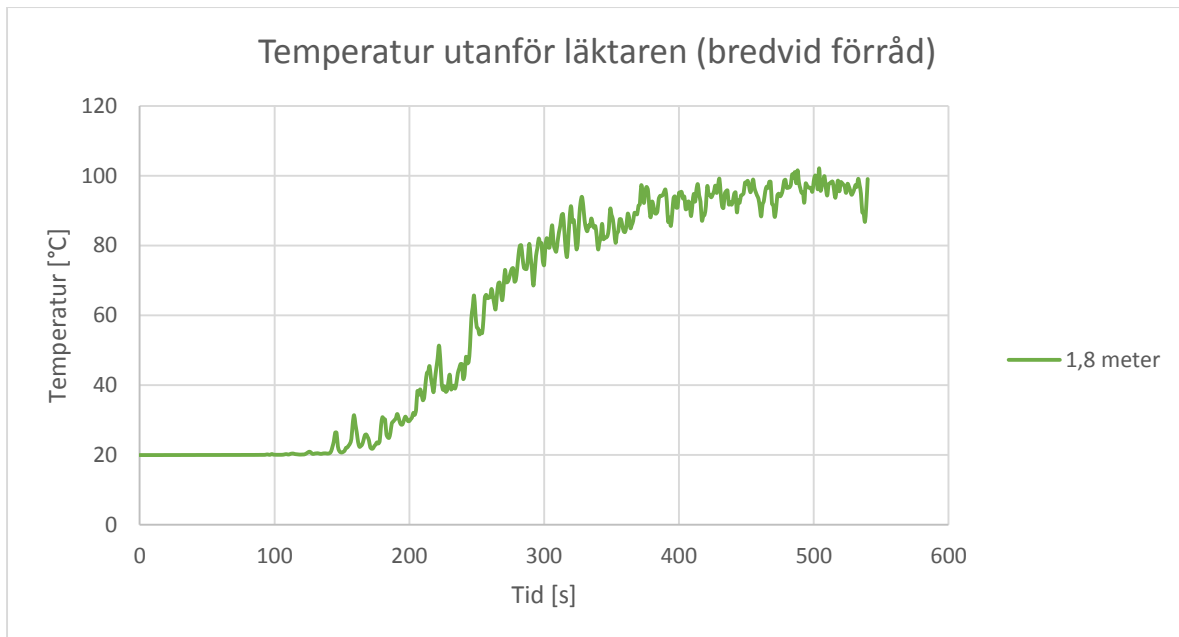
### Temperatur

På läktaren kommer inte acceptanskriteriet för temperatur att överskridas. Närmast taket, på en höjd av 6,6 meter över läktaren uppnås 80 °C, men detta kommer inte att påverka personsäkerheten vid utrymning negativt.



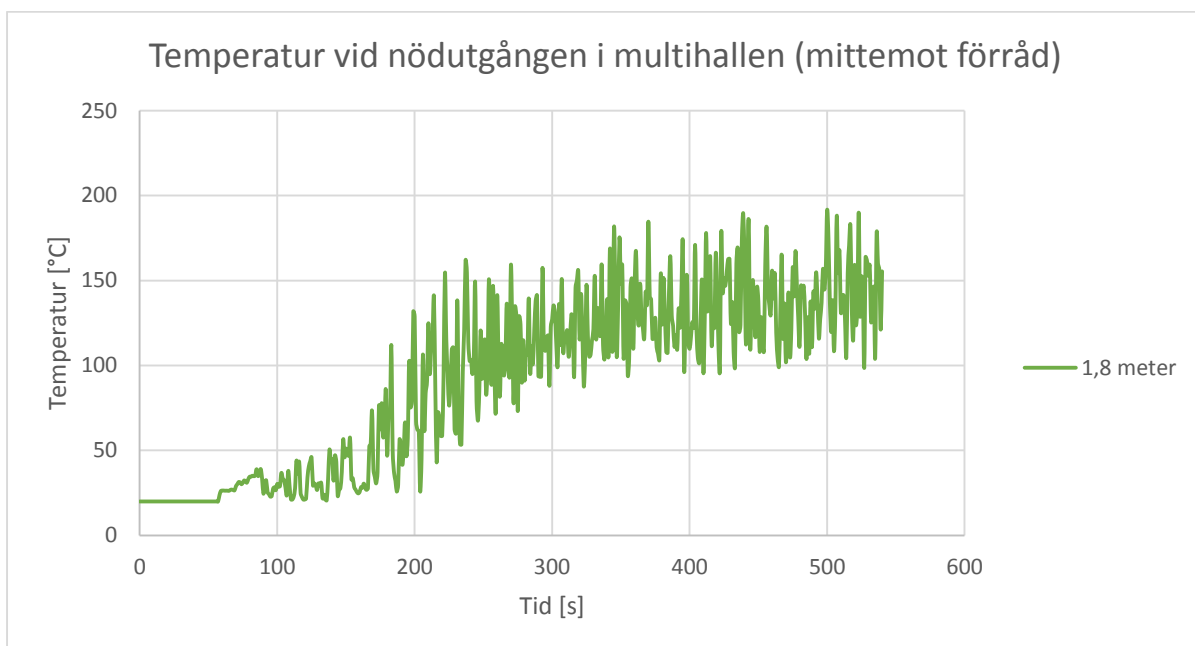
Figur 32. Resultat från mätning av temperatur vid läktaren.

I den utgång från läktaren, som går via multihallen ut i det fria, kommer den kritiska temperaturen att uppnås redan efter 4,5 minuter, vilket kan utläsas i figuren nedan.



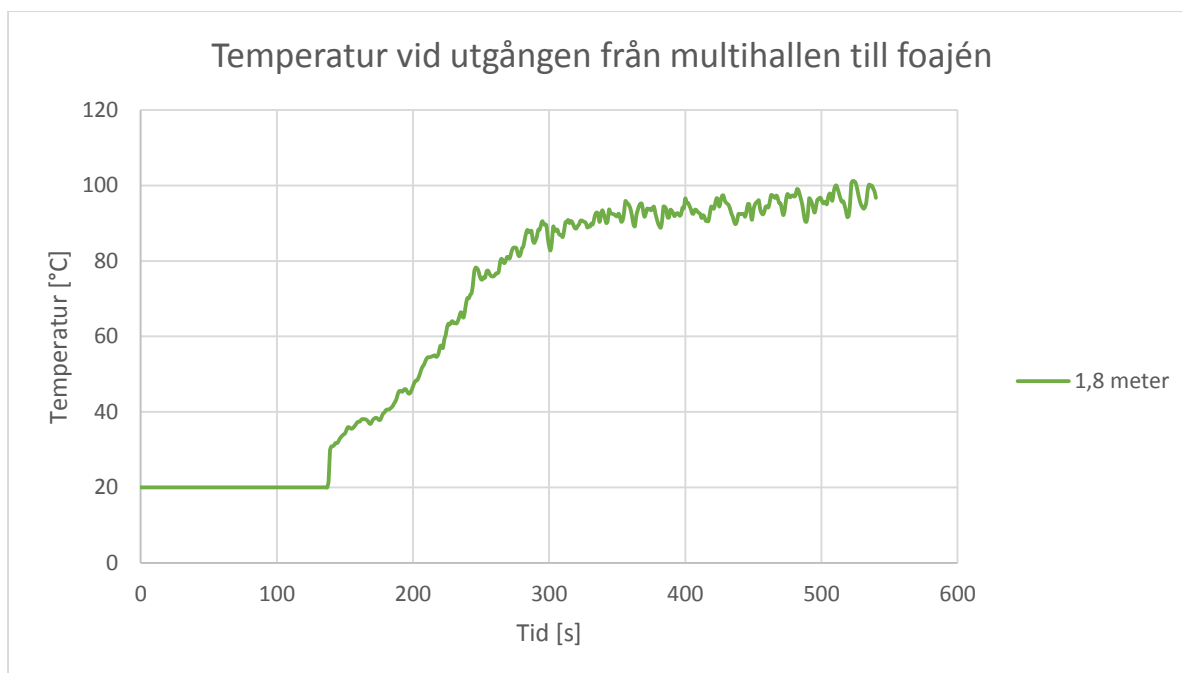
Figur 33. Resultat från mätning av temperatur utanför läktaren i multihallen.

Vid den dörr som leder ut i det fria från läktaren via multihallen kommer kritiska förhållanden, vad gäller temperatur, att uppnås och detta redan efter 3 minuter.



Figur 34. Resultat från mätning av temperatur vid den nödutgång som går ut i det fria via multihallen.

Även vid den utgången som går via multihallen och sen genom foajén, vilken tillhör en annan brandcell, kommer kritiska förhållanden att uppnås, vilket syns i figuren nedan. Tid till kritiska förhållanden blev 4,5 minut.

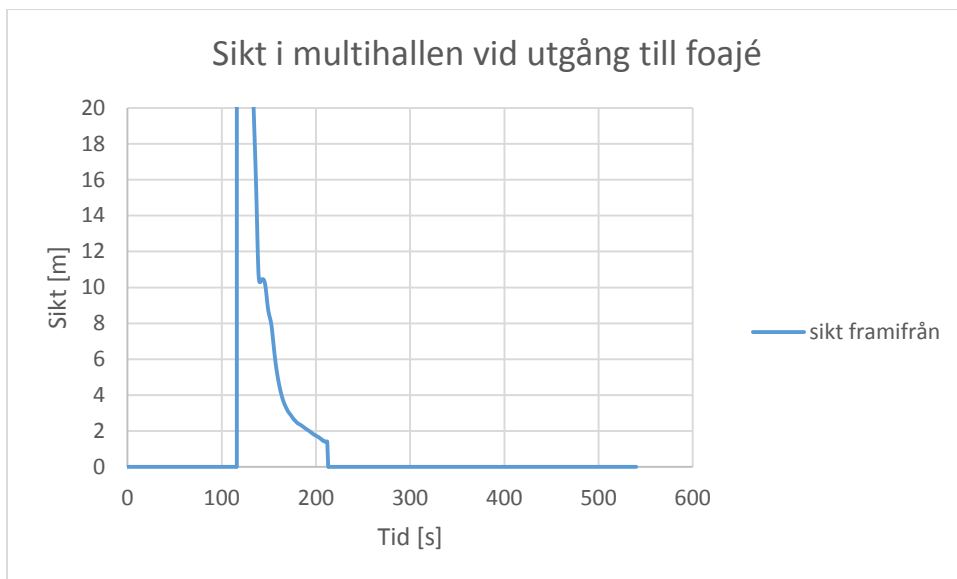


Figur 35. Resultat från mätning av temperatur vid den utgång som går till foajén och sen ut.

## Sikt

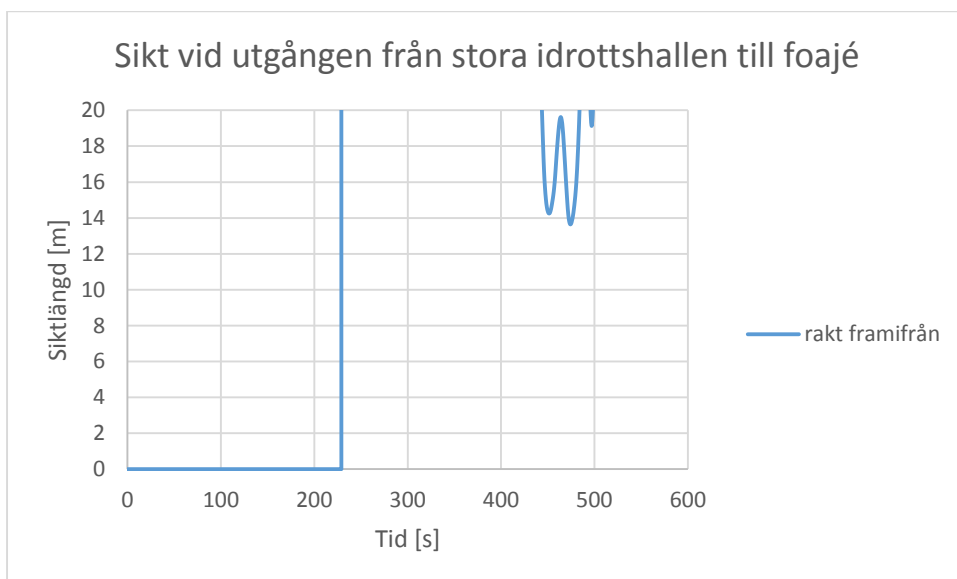
I figurerna kan man se att i början är sikten oerhört lång, för att sedan gå mot noll. Nollsikten i början på graferna beror på mjukvarans oförmåga att hantera division med noll, och sätter därmed sikten till noll, vilket innebär att det inte finns några brandgaser som hindrar sikten. Vissa siktfigurer har även två grafer för sikten. Detta beror på att i FDS mäts sikten i en rak linje, i verkligheten utgörs sikten av ett synfält. Detta kompenseras genom att mäta sikten i två riktningar med 45 graders vinkel mellan siktlinjerna. Sikt längden i det mänskliga synfältet antas sedan ligga mellan dessa två grafer. I de figurer där det bara finns en graf för sikt beror detta på omgivningen, till exempel är det överflödigt att mäta sikten i sidledes i en lång rak korridor.

Vid den nödutgång som leder ut i foajén uppnåddes en sämre sikt än 10 meter redan efter 2,5 minuter, vilket alltså innebär att acceptanskriteriet kommer att överskridas.



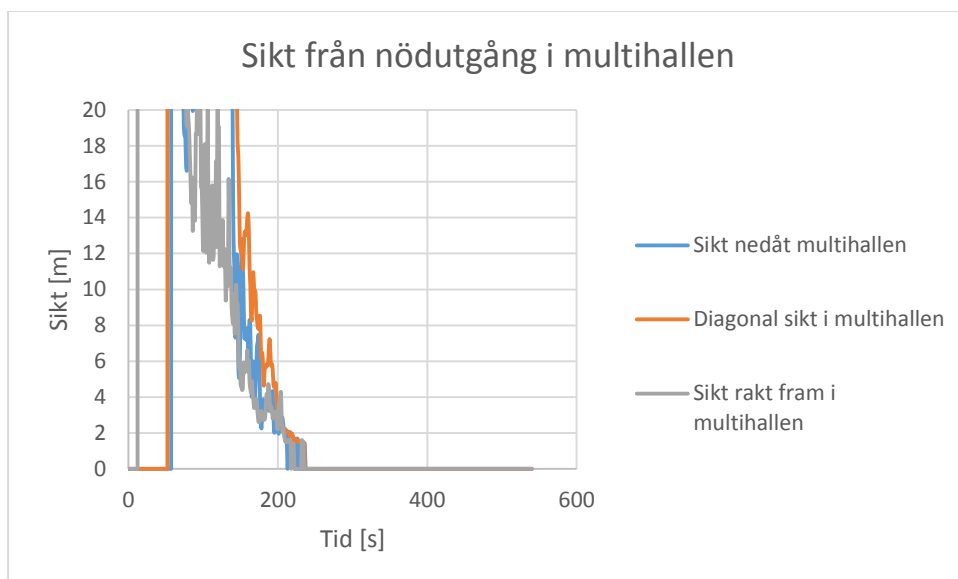
Figur 36. Resultat från mätning av sikt vid utgången från kombihallen som leder ut i foajén.

Vid huvudingången till stora idrottshallen, vilket är den utgång som kommer att användas mest vid en utrymning, kommer acceptanskriteriet för sikt inte att överskridas. Detta kan utläsas i figuren nedan.



Figur 37. Resultat från mätning av sikt vid den öppning som leder från läktaren i den stora idrottshallens ut till foajén.

Vid den nödutgång som går från läktaren, via entrén och sen direkt ut överskreds acceptanskriteriet gällande sikt redan efter 2 minuter.



Figur 38. Resultat från mätning av sikt vid den öppning som leder direkt ut från multihallen.

#### Genomskärningsfilerna

I tabellen nedan visas resultatet från genomskärningsfilerna från scenariot då branden startar i det förråd som ligger i anslutning till läktaren i den stora idrottshallen.

Tabell 16. Resultat från genomskärningsfilerna i den stora idrottshallen.

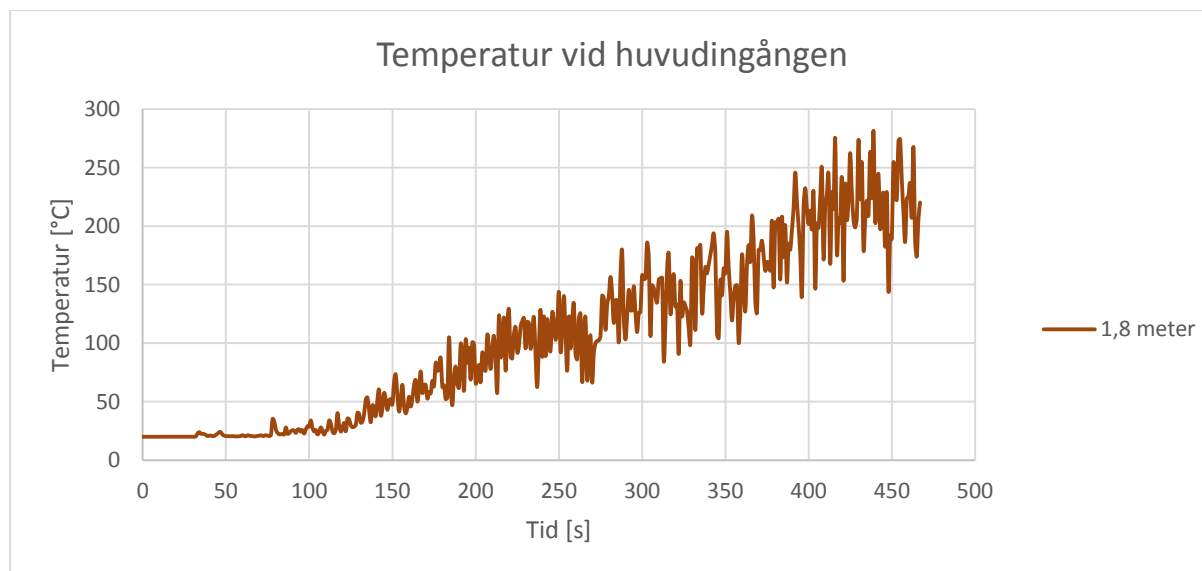
BRAND I FÖRRÅD PÅ LÄKTAREN	HÖJD ÖVER GOLV [M]	PLACERING	TID TILL KRITISKA FÖRHÅLLANDE [S]
Koldioxid	1,8	Utgång boxningshall	340
	1,8	Utgång multihall	260
	1,8	Läktarutgång multihall	420
Kolmonoxid	1,8	Utgång boxningshall	-
	1,8	Utgång multihall	-
	1,8	Läktarutgång multihall	-
Sikt	1,8	Utgång boxningshall	150
	1,8	Utgång multihall	150
	1,8	Läktarutgång multihall	160
Temperatur	1,8	Utgång boxningshall	270
	1,8	Utgång multihall	230
	1,8	Läktarutgång multihall	270

## Brand i bowlinghallen

Nedan kommer resultat från grundsimuleringen av bowlinghallen att presenteras. De parametrar som har uppmätts är temperatur, sikt och koncentrationen av kolmonoxid och koldioxid.

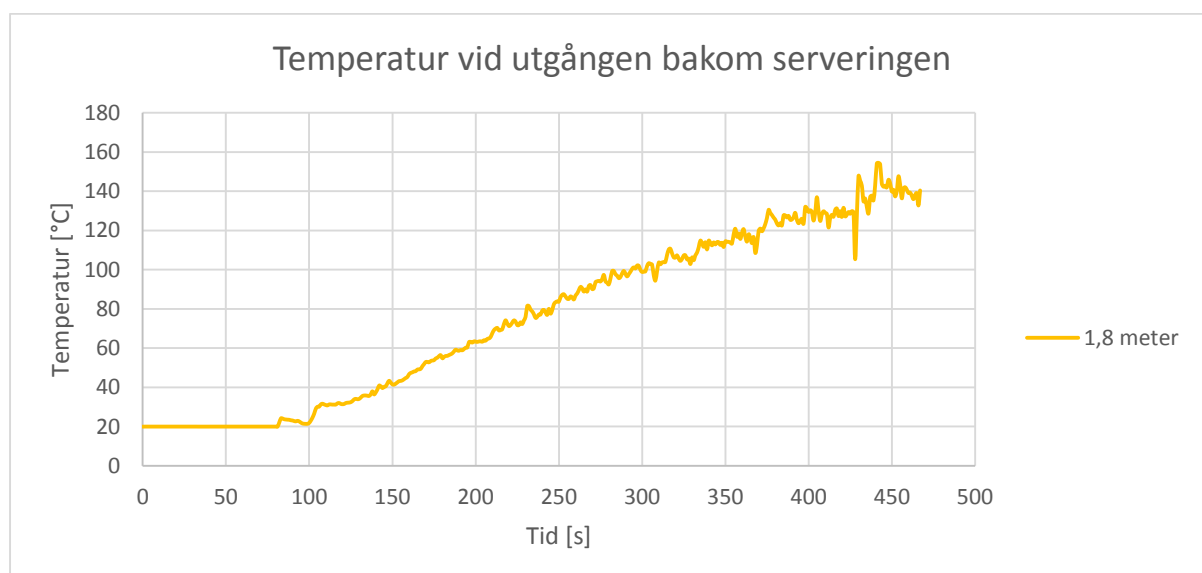
### Temperatur

Vid huvudingången kommer acceptanskriteriet, vad gäller temperatur, att överskridas efter 3 minuter, vilket visualiseras i figuren nedan.



Figur 39. Resultat från mätning av temperatur vid huvudingången till bowlinghallen.

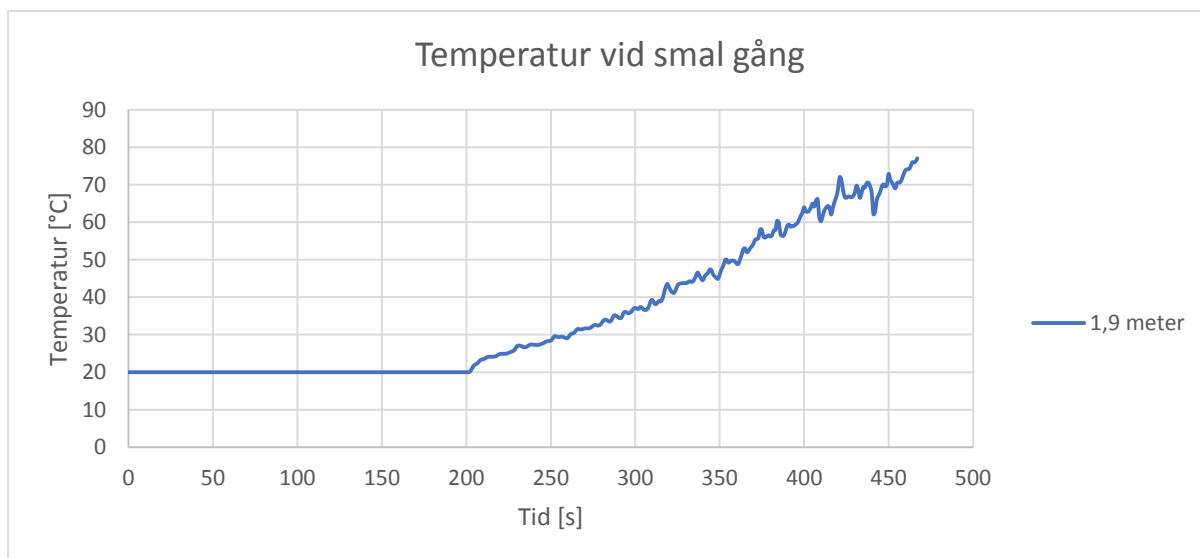
Vid utgången som går bakom serveringen kommer den kritiska temperaturen att överskridas efter 4 minuter.



Figur 40. Resultat från mätning av temperatur vid utgången bakom serveringen.

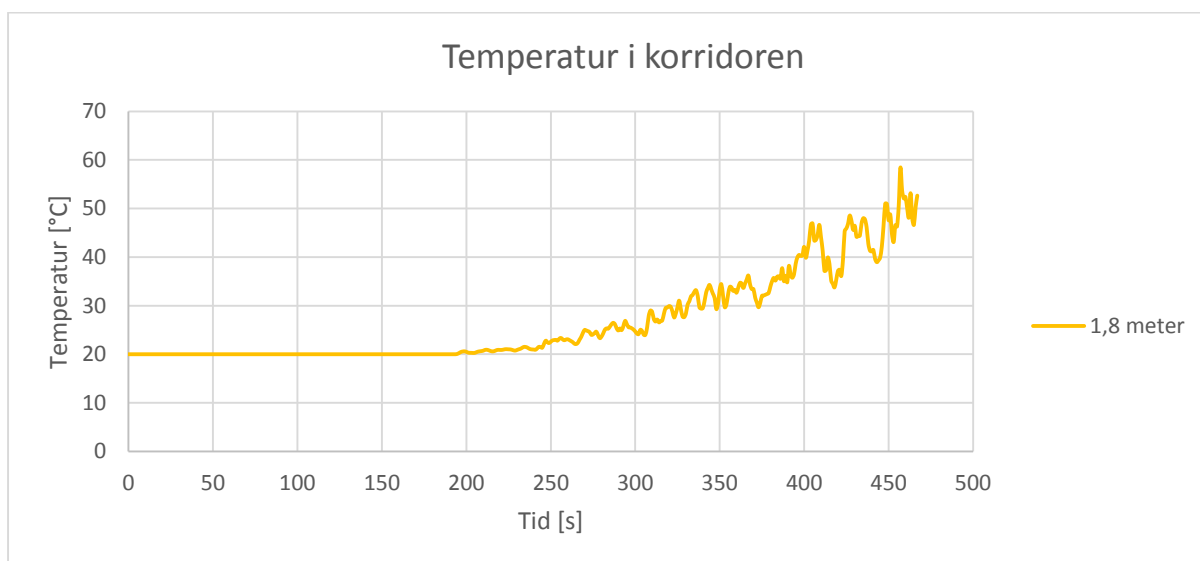
Vid den smala gången, som löper längs bowlingbanans kant, kommer den kritiska temperaturen inte att uppnås, vilket kan utläsas i figur 41. Vid detta utrymme användes celler med bredden 20 centimeter, vilket innebär att mätpunkten som är 1,9 m över golvet ligger i

mitten av cellen. Att mäta temperatur i mitten av en cell istället för i en gräns mellan två celler ger bättre resultat.



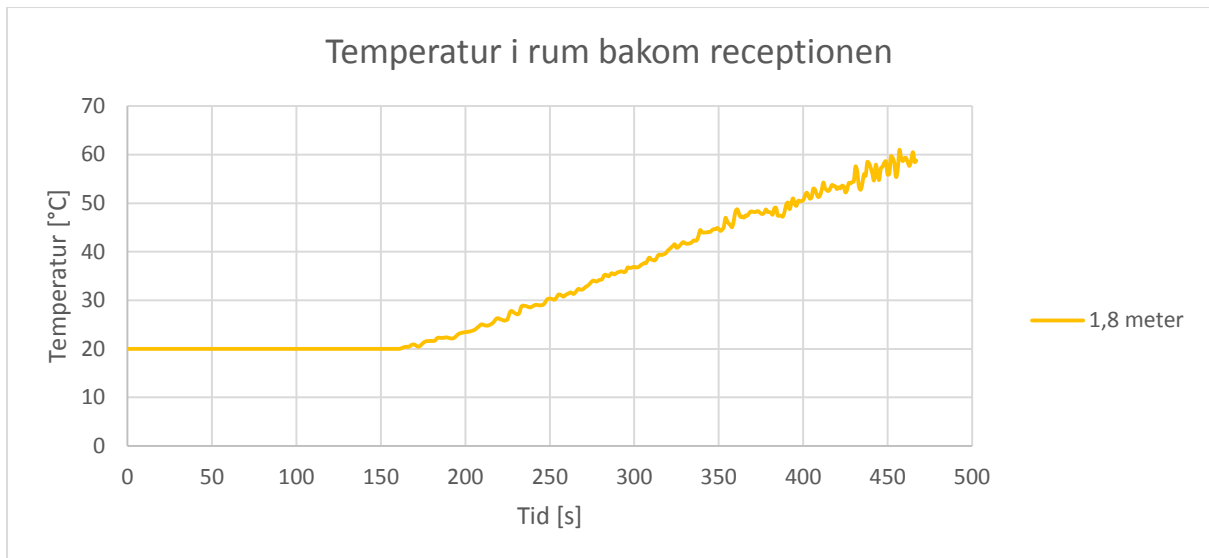
Figur 41. Resultat från mätning av temperatur vid den smala gången, som löper längs bowlingbanorna.

Utanför bowlinghallen, i korridoren med lågt i tak, kommer inte heller den kritiska temperaturen att uppnås, se figur 42.



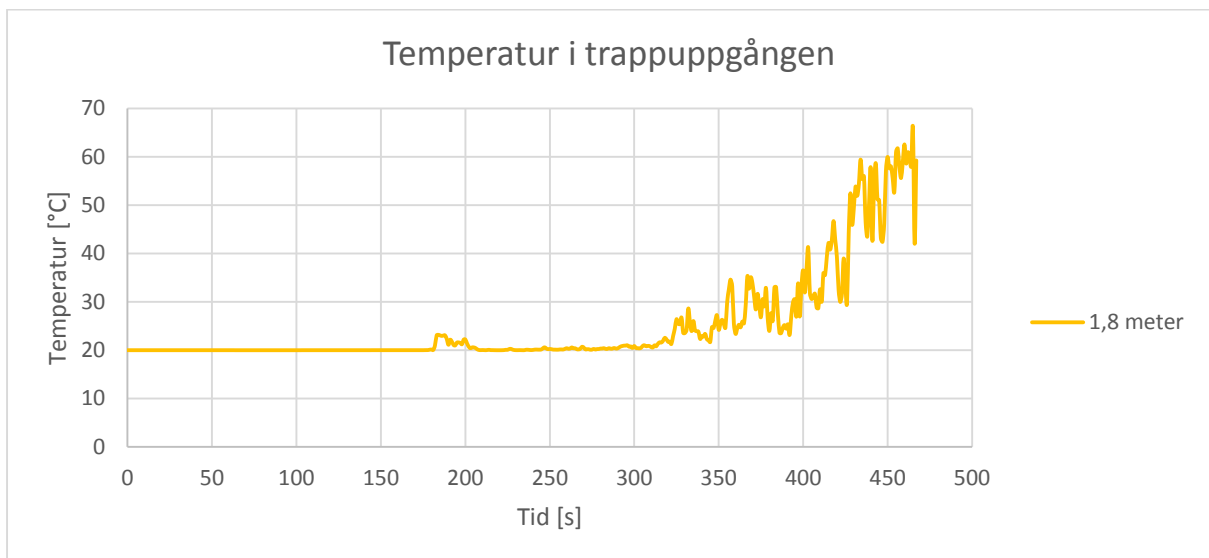
Figur 42. Resultat från mätning av temperatur i korridoren utanför bowlinghallen.

I utrymmet, som är placerat utanför det brandpåverkade rummet, kommer inte den kritiska temperaturen på 80°C att uppnås.



Figur 43. Resultat från mätning av temperatur i rummet bakom receptionen.

I trappuppgången kommer kritiska förhållande, när det gäller temperatur, inte att uppnås, se figur 44.

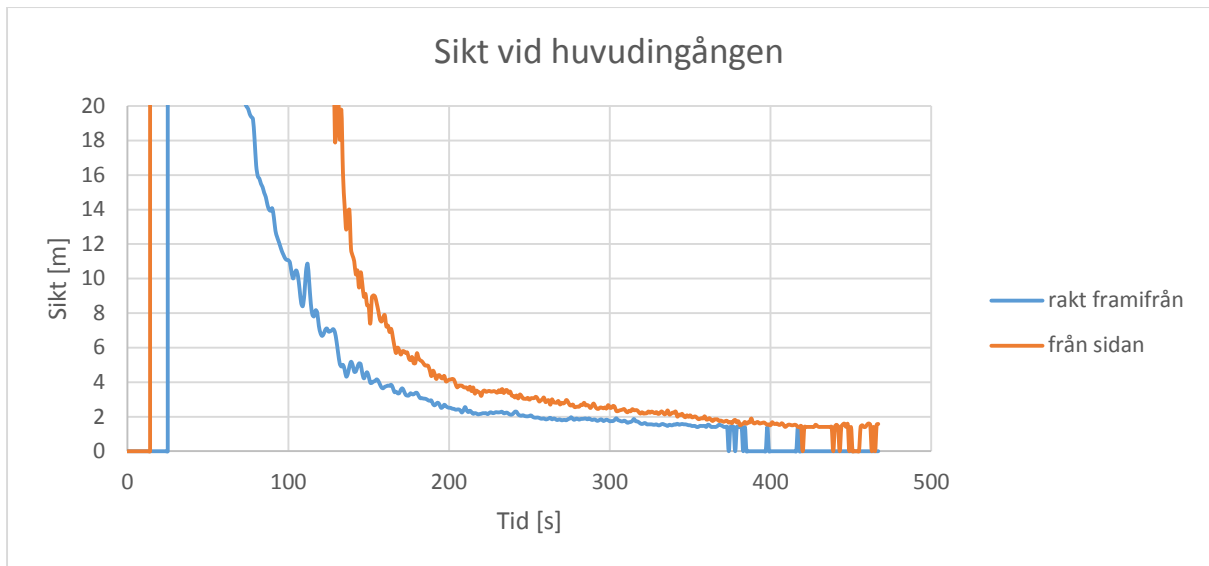


Figur 44. Resultat från mätning av temperatur i trappuppgången.

Sikt

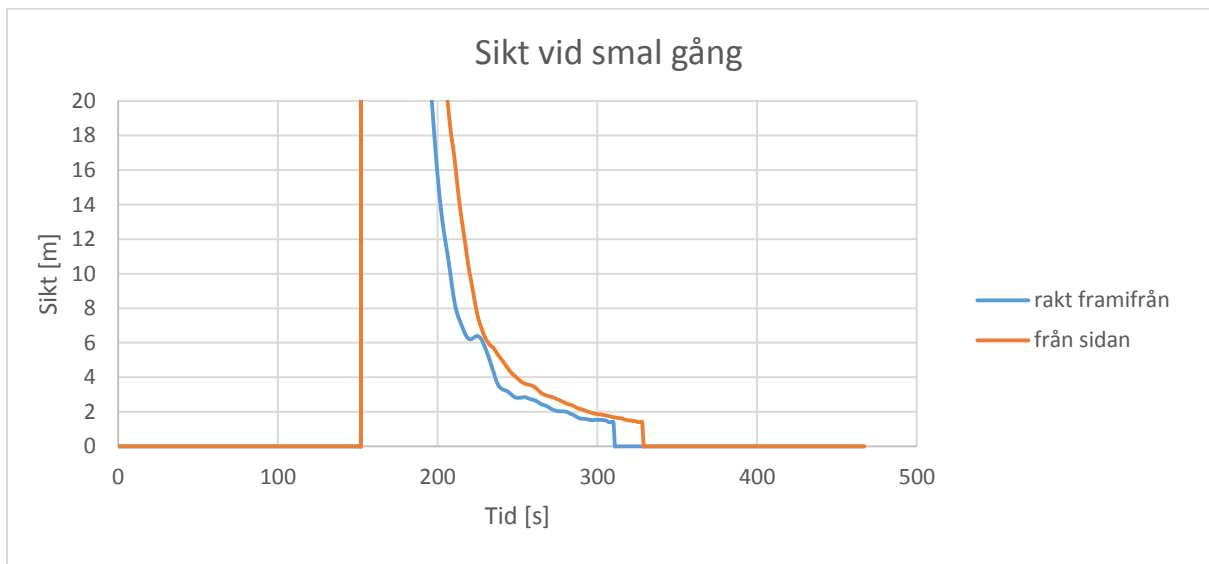
Redan efter 1,5 minuter har den kritiska sikten på 10 meter uppnåtts vid huvudingången till bowlinghallen, se figuren nedan.





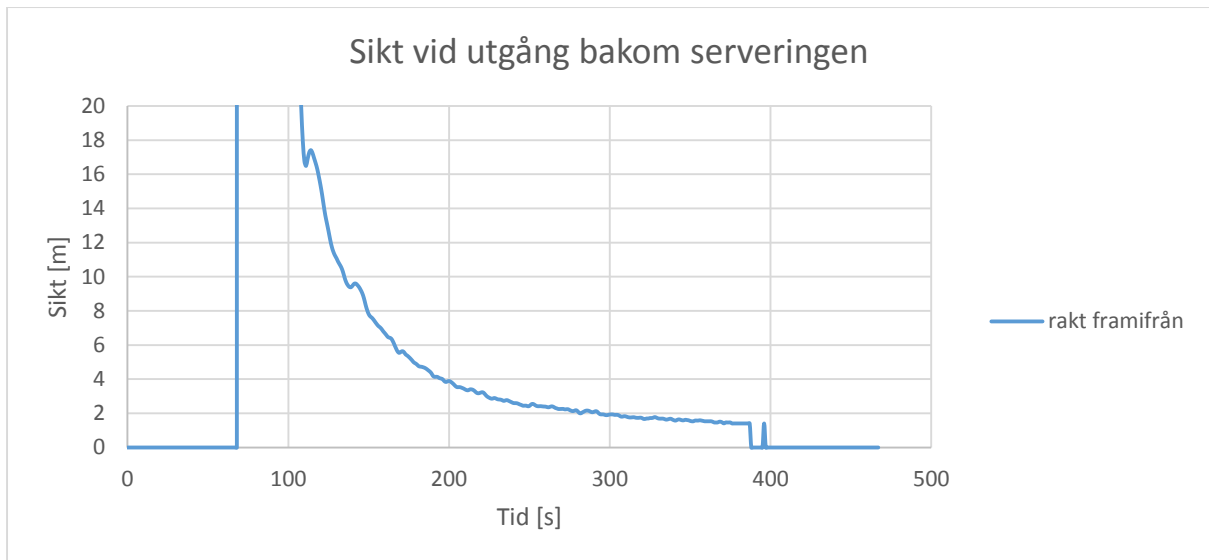
Figur 45. Resultat från mätning av sikt i huvudingången.

Sikten vid den smala gången, som löper längs bowlingbanan, kommer att nå kritiska förhållanden redan efter 3,5 minuter.



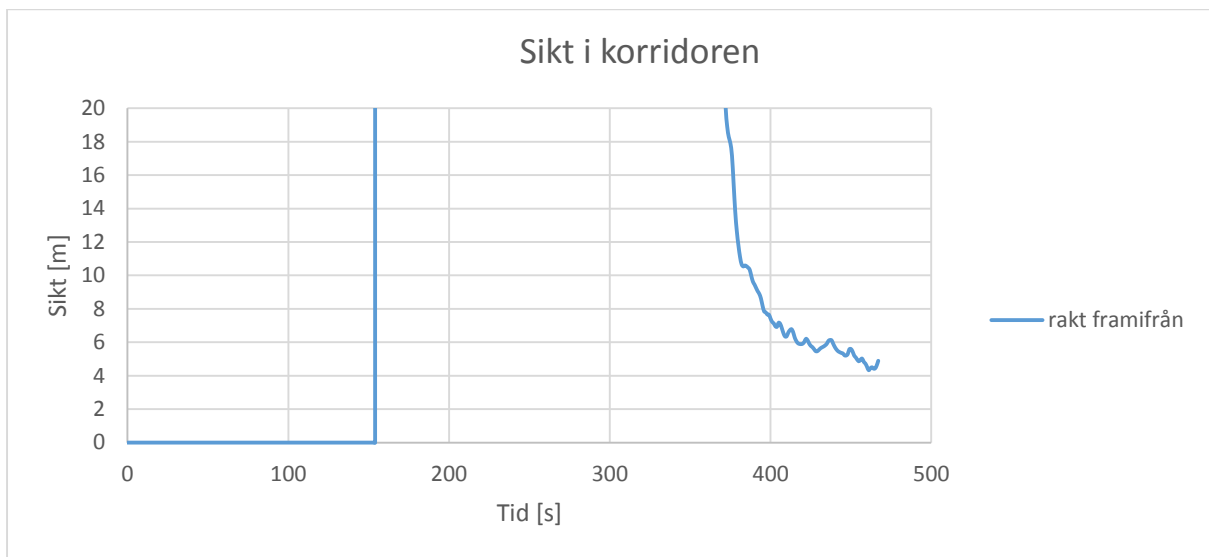
Figur 46. Resultat från mätning av sikt i den smala gången som löper parallellt med bowlingbanorna.

Den kritiska sikten vid den utgång som ligger bakom serveringen uppnås vid tiden 2 minuter, vilket visas i figuren nedan.



Figur 47. Resultat från mätning av sikt i utgången bakom serveringen.

Tiden tills kritisk sikt uppnås är 6,5 minuter och acceptanskriteriet kommer alltså inte att överskridas innan utrymningen är fullbordad och utgör därmed inget hot mot personsäkerheten vid händelse av brand.



Figur 48. Resultat från mätning av sikt i korridoren utanför bowlinghallen.

## Genomskärningsfilerna

I tabellen nedan visas resultaten från de utplacerade genomskärningsfilerna. Dessa var placerade på höjderna 1.1, 1.6, 1.8 meter.

Tabell 17. Resultat från genomskärningsfilerna för simulering av brandförloppet i bowlinghallen.

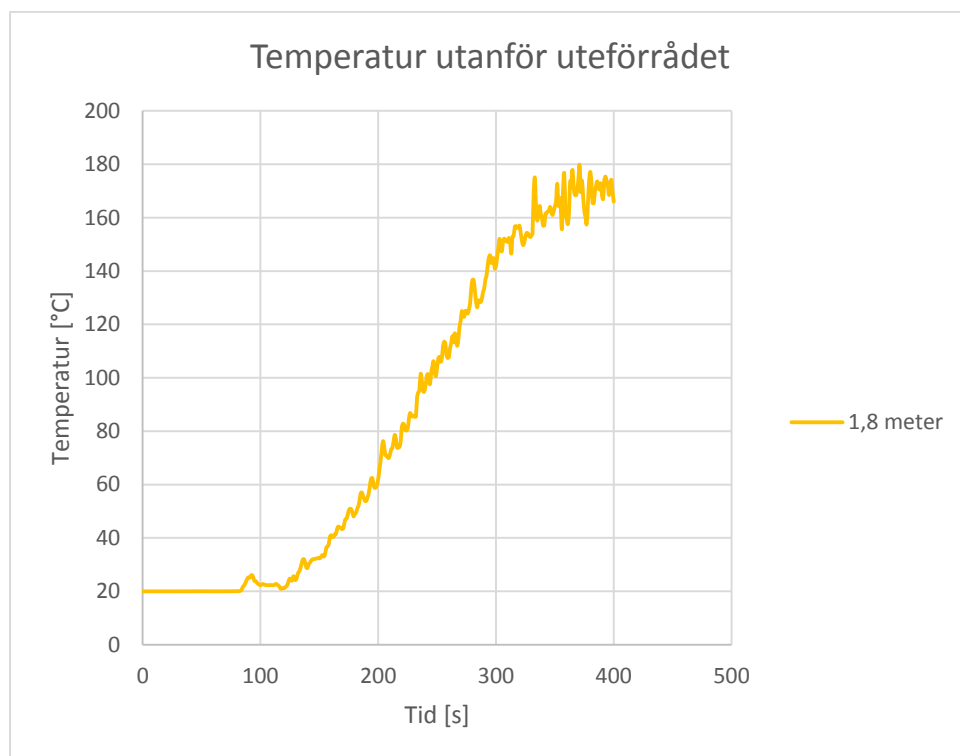
BRAND I BOWLINGHALLEN	HÖJD ÖVER GOLV [M]	PLACERING	TID TILL KRITISKA FÖRHÅLLANDEN [S]
Koldioxid	1,8	Bakre utgången	-
	1,8	Utgång vid brand	390
	1,8	Utgång omklädningsrum	-
	1,8	Trappuppgång huvudentré	-
Kolmonoxid	1,8	Trappuppgång foajé	-
	1,8	Bakre utgången	-
	1,8	Utgång vid brand	380
	1,8	Utgång omklädningsrum	455
Sikt	1,8	Trappuppgång huvudentré	-
	1,8	Trappuppgång foajé	-
	1,8	Bakre utgången	230
	1,8	Utgång vid brand	125
Temperatur	1,8	Utgång omklädningsrum	110
	1,8	Trappuppgång huvudentré	235
	1,8	Trappuppgång foajé	240
	1,8	Bakre utgången	440
	1,8	Utgång vid brand	180
	1,8	Utgång omklädningsrum	200
	1,8	Trappuppgång huvudentré	-
	1,8	Trappuppgång foajé	-

## Brand i lilla idrottshallen

Nedan visas resultatet från grundsimuleringen i FDS över brandförloppet i den lilla idrottshallen. Även för detta scenario är det resultat från mätning av sikt, temperatur, kolmonoxid- och koldioxidhalten som visas under följande rubriker.

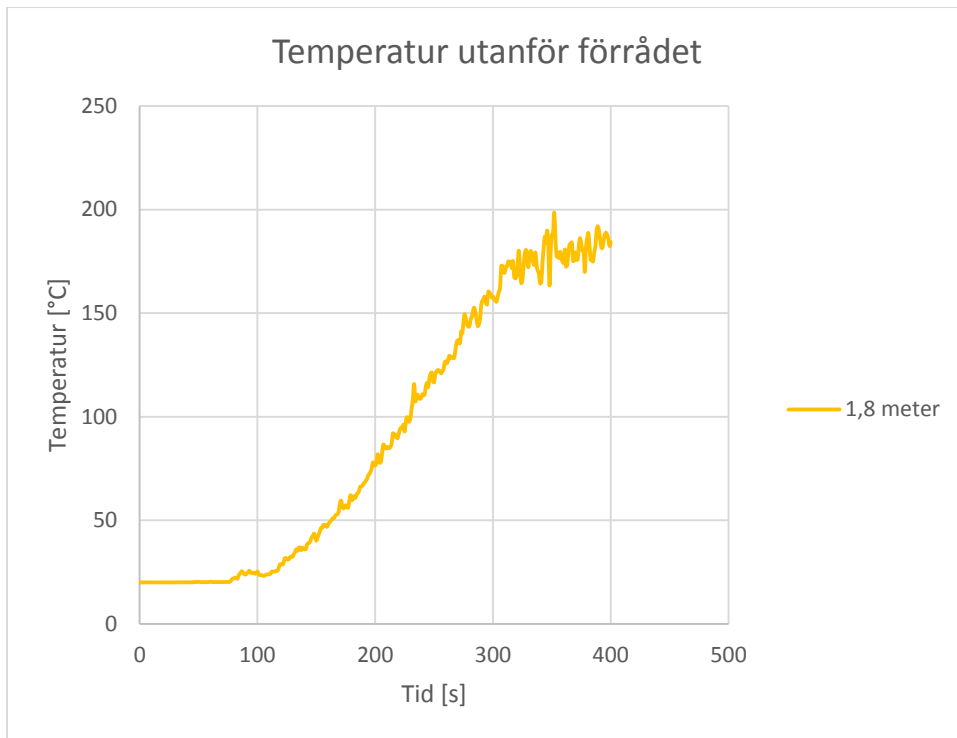
### Temperatur

Vid den nödutgång, som går vi utomhusförrådet och sen vidare ut i det fria, kommer den kritiska temperaturen på 80°C att överskridas efter 3,5 minuter. Denna temperatur uppmättes på en höjd av 1,8 meter.



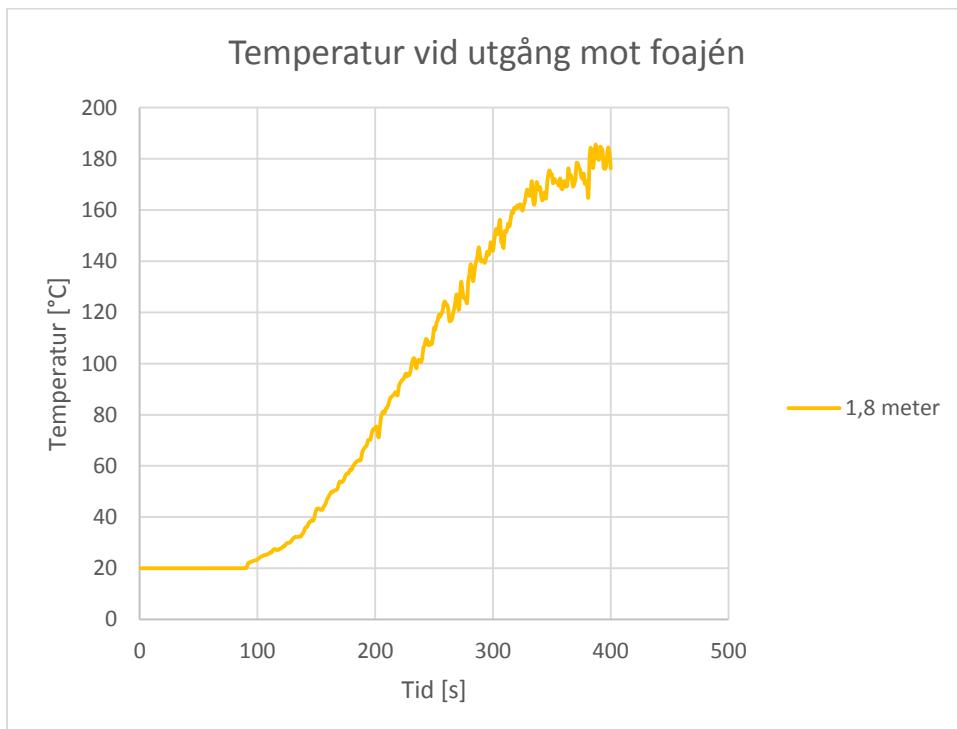
Figur 49. Resultat från mätning av temperatur vid den nödutgång som går vi utomhusförrådet och ut.

Direkt utanför förrådet där brandförloppet startar kommer acceptanskriteriet för temperatur att överskridas efter 3,5 minuter, vilket visas i figuren nedan.



Figur 50. Resultat från mätning av temperatur direkt utanför förrådet i den lilla idrottshallen.

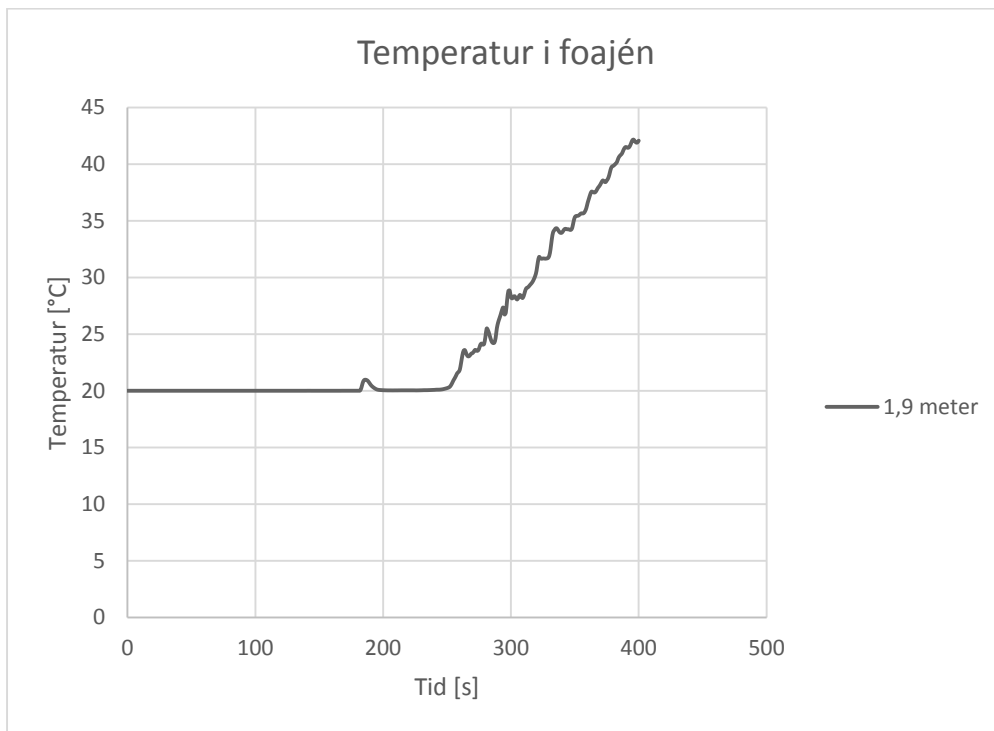
Även vid den utgång som går via foajén och sedan ut idet fria kommer den kritiska temperaturen att uppnås och detta sker efter 3,5 minuter och detta visas i figuren nedan.



Figur 51. Resultat från mätning av temperatur i utgången som går via foajén och sedan vidare ut.

Ute i foajén kommer den kritiska temperaturen endast att överskridas på en höjd av 3 meter och på grund av detta kommer inte personsäkerheten att påverkas negativt vid en utrymning till följd av ett brandscenario i den lilla idrottshallen. Anledningen till att mätpunkten är vid

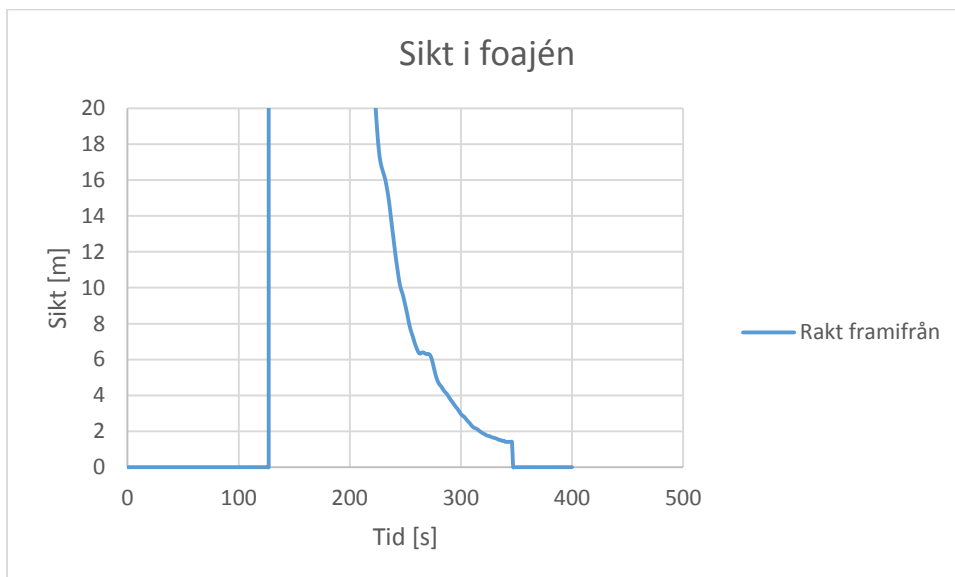
1,9 meter är på grund av att i foajén användes celler med bredden 20 centimeter, vilket innebär att 1,9 är mätpunkten i mitten av cellen. Att mäta temperatur i mitten av en cell istället för i en gräns mellan två celler ger mer bättre resultat.



Figur 52. Resultat från mätning av temperatur i foajén.

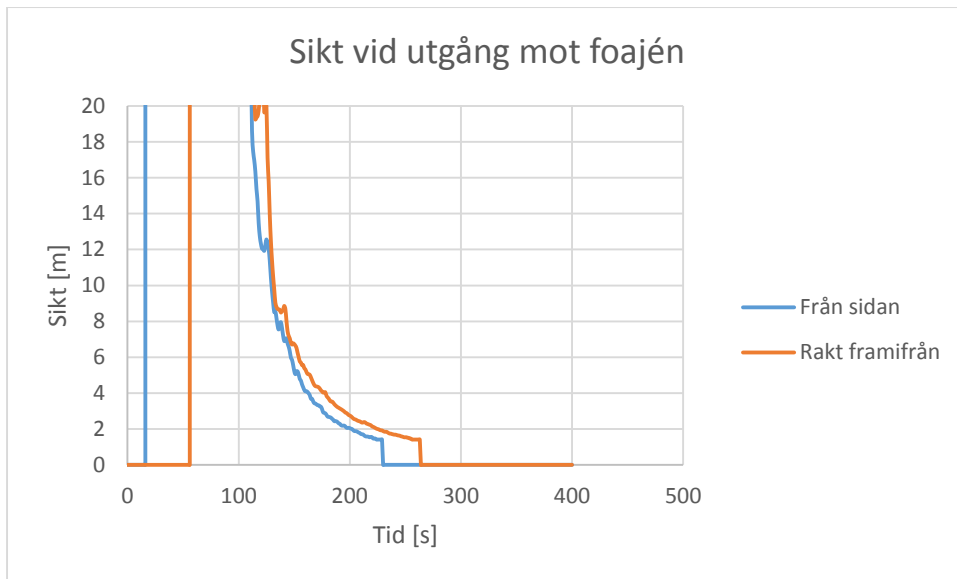
Sikt

Siktförhållandena kommer att bli undermåliga efter 4 minuter i foajén i detta scenario, vilket visas i figur 53.



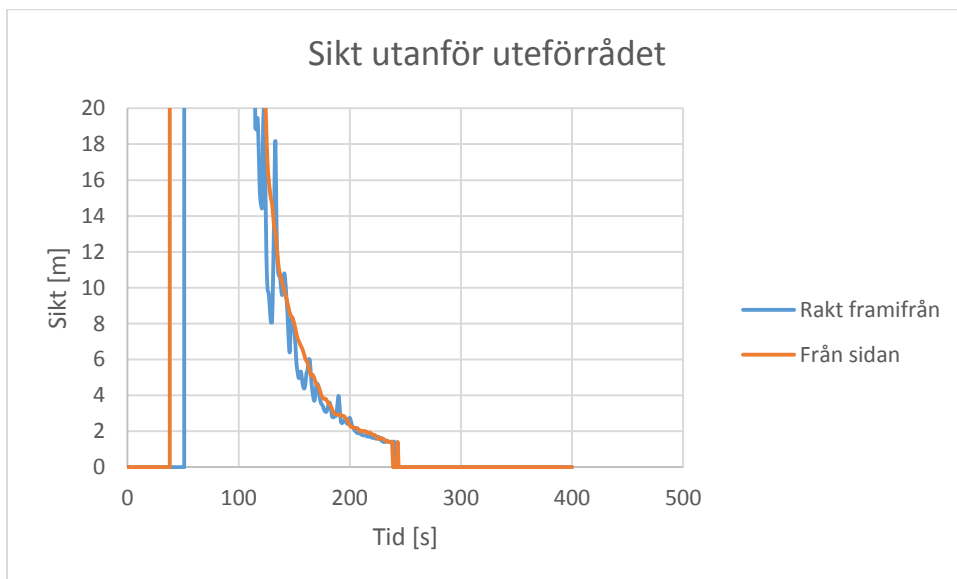
Figur 53. Resultat från mätning av sikt i foajén.

Vid den utgång som går via foajén och sen vidare ut kommer acceptanskriteriet att överskridas efter 2,5 minuter, vilket kan utläsas ur i figuren nedan.



Figur 54. Resultat från mätning av sikt vid den utgång som leder ut till foajén.

Även vid den utgång som går via utomhusförrådet och sen vidare ut i det fria kommer den kritiska sikten att uppnås och detta sker efter 2,5 minuter. Samtliga siktförhållanden uppmättes på en höjd av 1,8 meter.



Figur 55. Resultat från mätning av sikt utanför den dörr som går via utomhusförrådet och ut i det fria.

Genomskärningsfilerna

Nedan visas resultatet från genomskärningsfilerna för brandscenariot i den lilla idrottshallen i form av en tabell.

Tabell 18. Resultat från genomskärningsfilerna för scenariot i den lilla idrottshallen.

BRAND I LILLA IDROTTSHALLEN	HÖJD ÖVER GOLV [M]	PLACERING	TID TILL KRITISKA FÖRHÅLLANDE [S]
Koldioxid	1,8	Utgång till det fria	285
	1,8	Utgång till foajé	300
	1,8	Utgång södra foajé	-
	1,8	Utgång norra foajé	-
Kolmonoxid	1,8	Utgång till det fria	-
	1,8	Utgång till foajé	-
	1,8	Utgång södra foajé	-
	1,8	Utgång norra foajé	-
Sikt	1,8	Utgång till det fria	140
	1,8	Utgång till foajé	135
	1,8	Utgång södra foajé	280
	1,8	Utgång norra foajé	275
Temperatur	1,8	Utgång till det fria	215
	1,8	Utgång till foajé	210
	1,8	Utgång södra foajé	-
	1,8	Utgång norra foajé	-

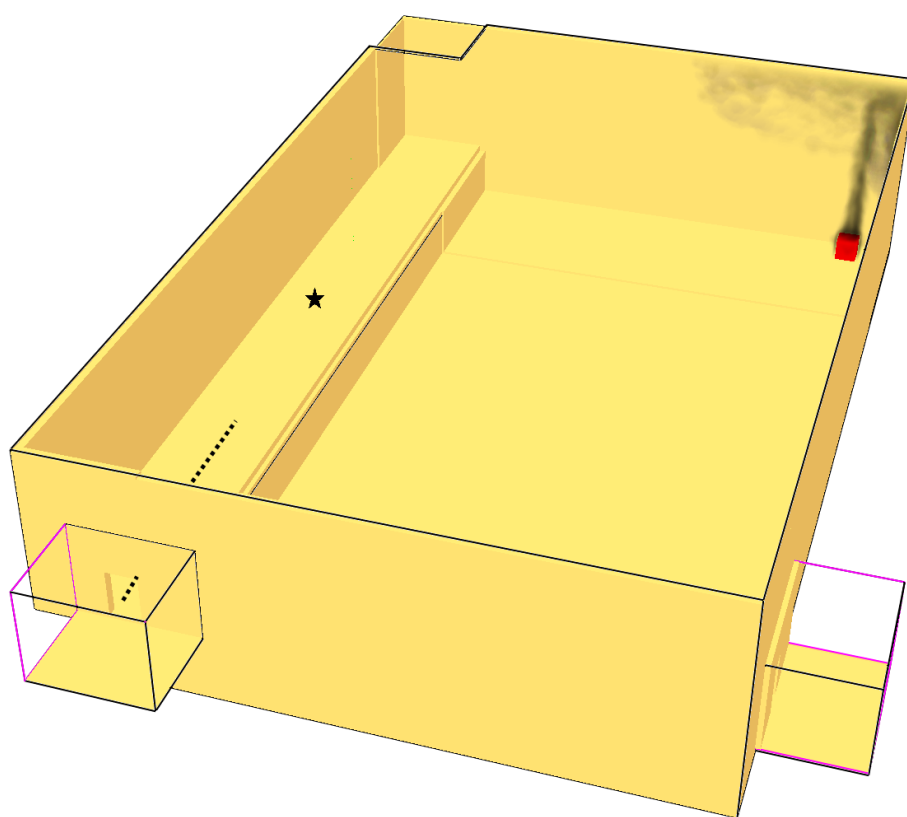


## Bilaga 8 – Resultat från FDS efter åtgärder

Nedan visas resultatet från FDS-simuleringarna för de olika scenarierna med insatta åtgärder. Dessa resultat kommer sedan att jämföras med acceptanskriterierna, för att se om implementering av åtgärder leder till att personsäkerheten i Bråhögshallen kan garanteras vid händelse av brand.

### Brand i förråd på läktaren

Brandens effekt är densamma som i grundscenariot men har efter den åtgärd som beskrivs i avsnitt 10.1 *Brand i förråd på läktaren* placerats utanför det förråd som tidigare utgjorde brandrummet. Detta är för att kontrollera vad den dimensionerande branden har för påverkan på utrymningen om föreslagna åtgärder har tilltagits. Uppställningen i simulering efter implementering av åtgärd illustreras i figur 56.



Figur 56. Uppställning i stora idrottshallen efter insatt åtgärd. Stjärnsymbolen representerar termoelementträdets placering. Den streckade linjen visar siktmätarens placering. Bild från FDS.

Efter åtgärd har alltså förrådet stängts av och så även dörren som leder ut i multihallen. Tid till kritiska förhållanden för utrymmande personer i den stora idrottshallen studeras.

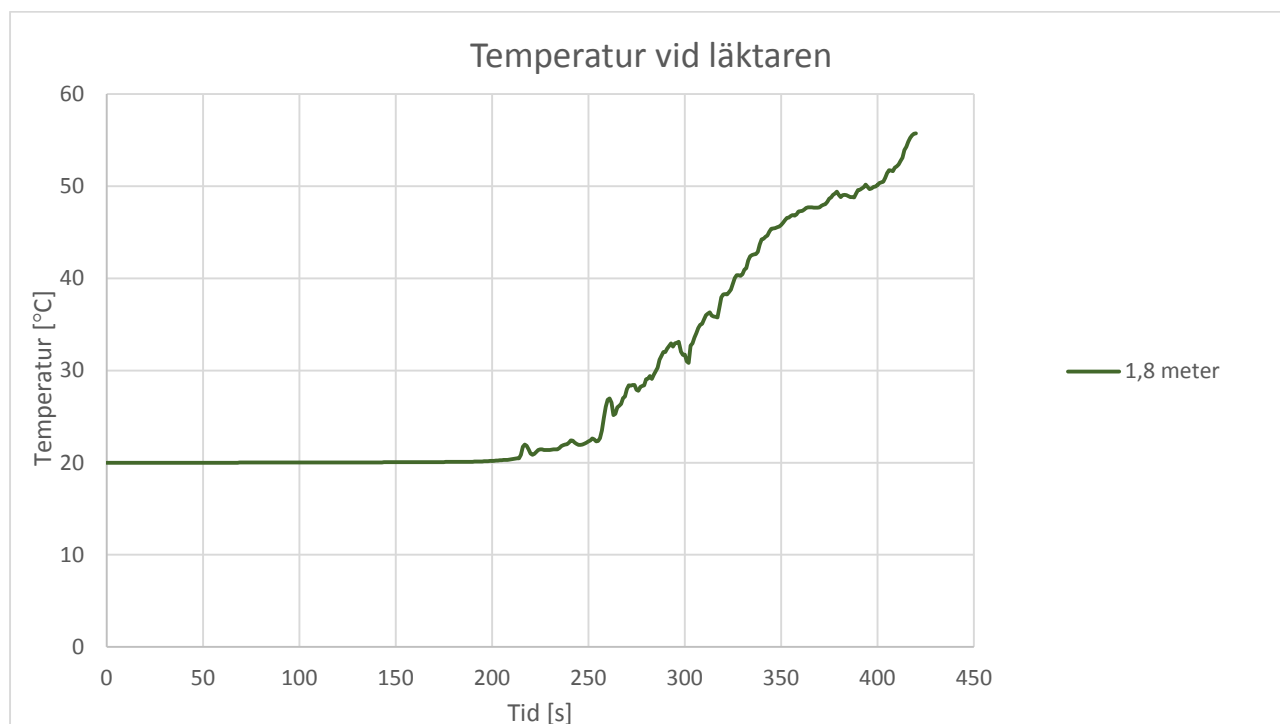
## Genomskärningsfilerna

I tabellen nedan presenteras resultatet från genomskärningsfilerna för detta scenario efter insatta åtgärder.

Tabell 19. Resultat från genomskärningsfilerna för brand i förråd på läktaren.

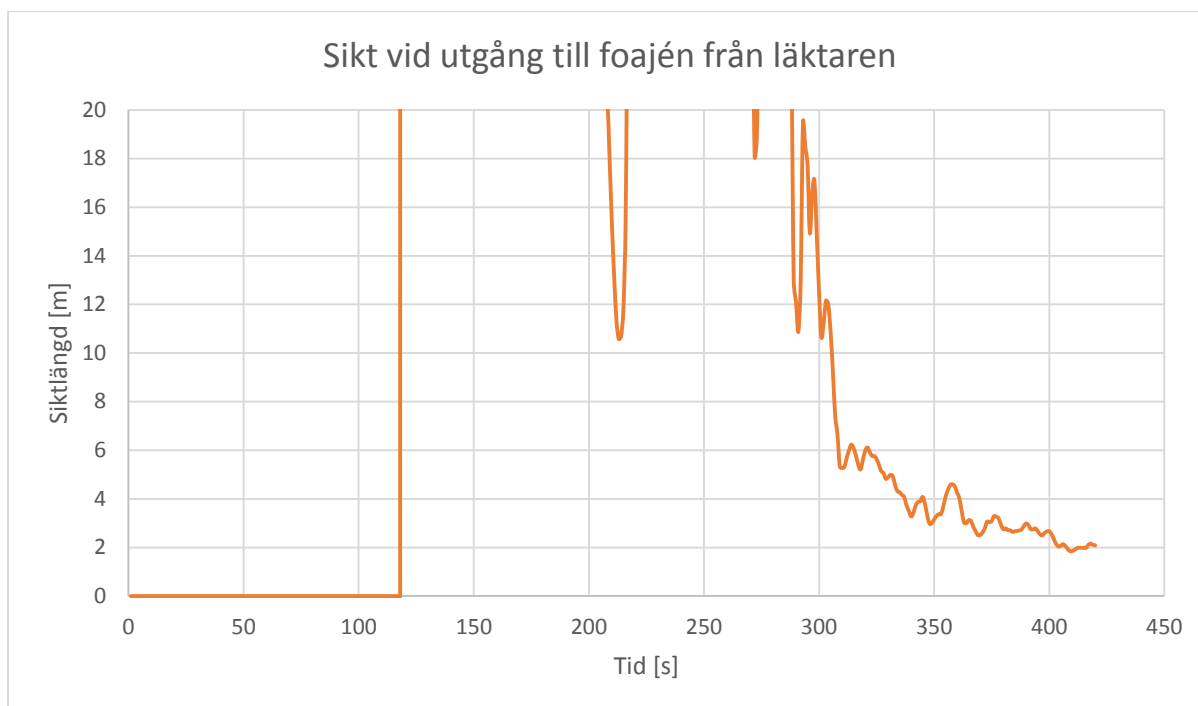
BRAND I FÖRRÅD PÅ LÄKTAREN	HÖJD ÖVER GOLV [M]	PLACERING	TID TILL KRITISKA FÖRHÅLLANDE [S]
Koldioxid	1,8	Läktarutgång	-
Kolmonoxid	1,8	Läktarutgång	-
Sikt	1,8	Läktarutgång	300
Temperatur	1,8	Läktarutgång	-

Temperaturen som råder i det termoelementträd, som är placerat på läktaren under simuleringstiden, presenteras i figur 57. Detta termoelement är placerat ungefär mitt på läktaren, se figur 56.



Figur 57. Resultat från mätning av temperatur på läktaren i den stora idrottshallen efter implementering av åtgärder.

Den kritiska temperaturen för utrymningssäkerhet, 80 °C, uppnås endast i de översta termoelementen på läktaren. Därmed innebär inte temperaturen i utrymningsvägen någon fara för utrymmande personer.



Figur 58. Resultat från mätning av sikt vid utgången till foajén från läktare.

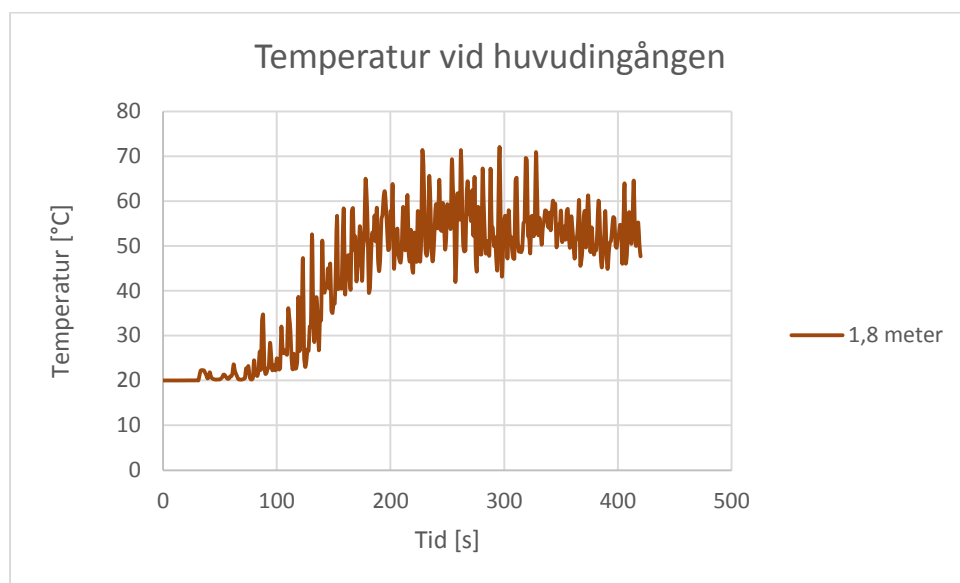
Sikten på läktaren understiger 10 meter efter ungefär 5 minuter. Vid denna tidpunkt är utrymning ej helt fullbordad, några personer kan förväntas vara kvar i lokalen. Dock är köbildning trolig, vilket gör att de utrymmande har en närliggande referens att orientera sig efter. Lägg dessutom till genomlysta skyltar, som syns på 2,5 gånger längre avstånd kan sikten gå ned från 10 till 4 meter meter (Nilsson & Holmstedt, 2008). Då sikten fluktuerar något i slutskedet av simuleringen och ej konstant understiger 4 meter under de 6 minuter som utrymning kan antas pågå anses utrymningssäkerheten vara tryggad. 6 minuter är den tid tills personer är helt ute ur byggnaden, inte tiden tills de har lämnat idrottshallen. Därmed är det troligt att utrymmande personer har hunnit lämna brandrummet (stora idrottshallen) i tid innan siktförhållandena blir alltför dåliga.

## Brand i bowlinghallen

Nedan kommer resultat från FDS efter implementering av åtgärder för scenariot i bowlinghallen att presenteras. De parametrar som har uppmätts är temperatur, sikt och koncentrationen av kolmonoxid och koldioxid.

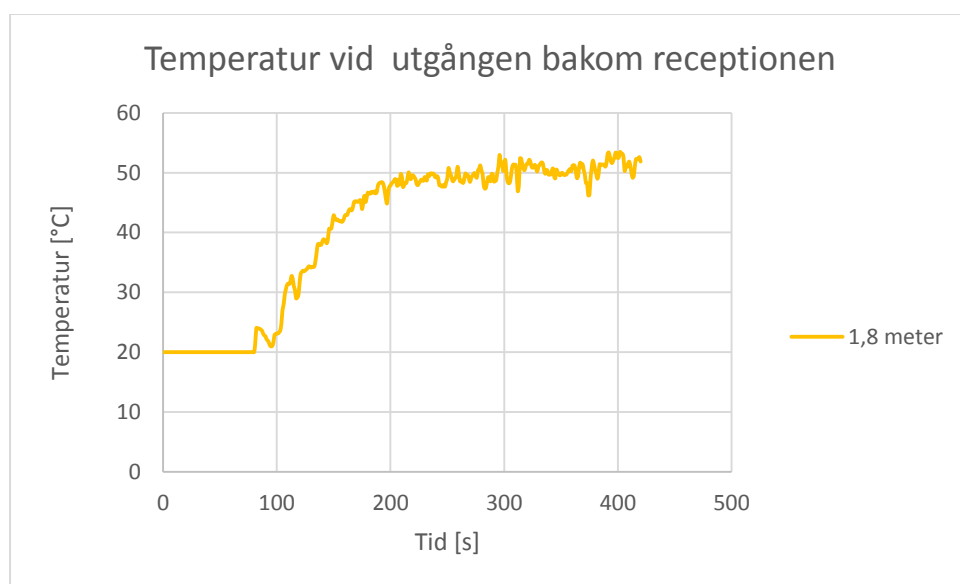
### Temperatur

Vid huvudingången kommer acceptanskriteriet, vad gäller temperatur, enbart att överskridas för de element som är placerade på 2,3 och 2,1 meters höjd och detta kommer då inte att påverka personsäkerheten vid utrymning negativt. Detta sker efter cirka 2 minuter, vilket visualiseras i figuren nedan och högre temperaturer än 80 °C kommer inte att uppnås under 2,1 meters höjd.



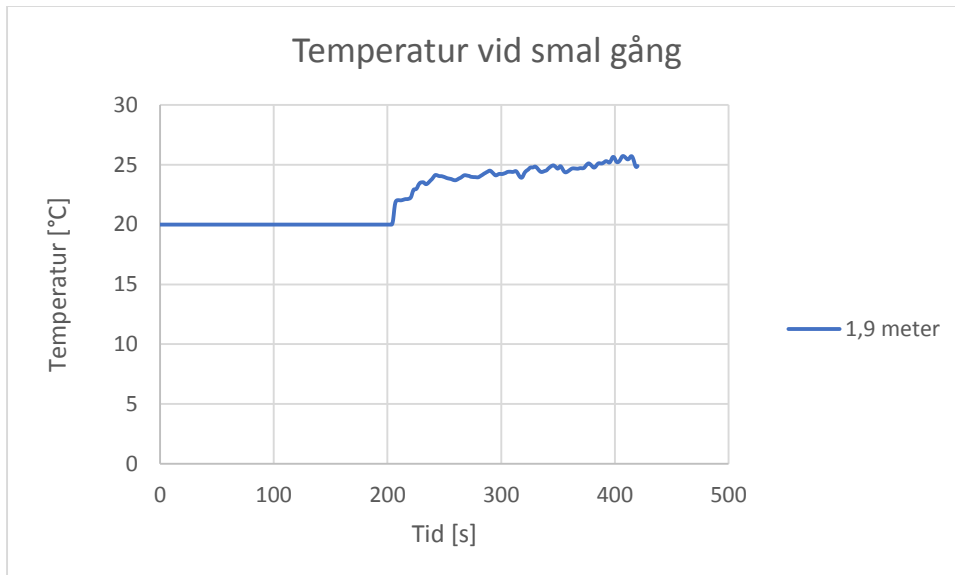
Figur 59. Resultat från mätning av temperatur vid huvudingången till bowlinghallen.

Vid den utgång som är belägen bakom receptionen kommer temperaturen ej att överstiga 80 °C och därmed kommer inte acceptanskriteriet att överskridas, se figur 60.



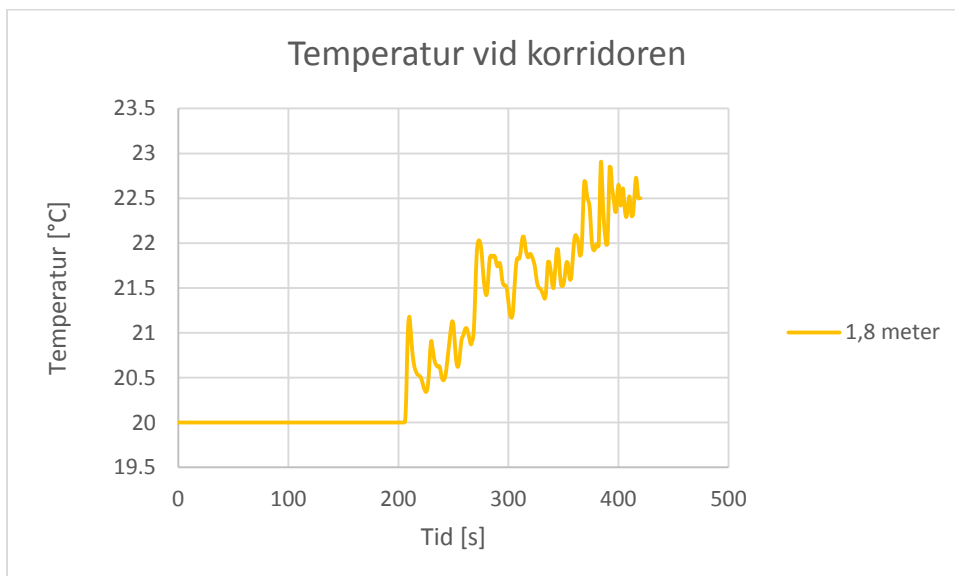
Figur 60. Resultat från mätning av temperatur vid utgången bakom receptionen.

Temperaturen överstiger inte acceptanskriteriet på 80 °C längs den smala gången som löper parallellt med bowlingbanorna, se figuren nedan. Anledningen till att mätpunkten är vid 1,9 meter är att vid den smala gången användes celler med bredden 20 centimeter, vilket innebär att 1,9 är mätpunkten i mitten av cellen. Att mäta temperatur i mitten av en cell istället för i en gräns mellan två celler ger bättre resultat.



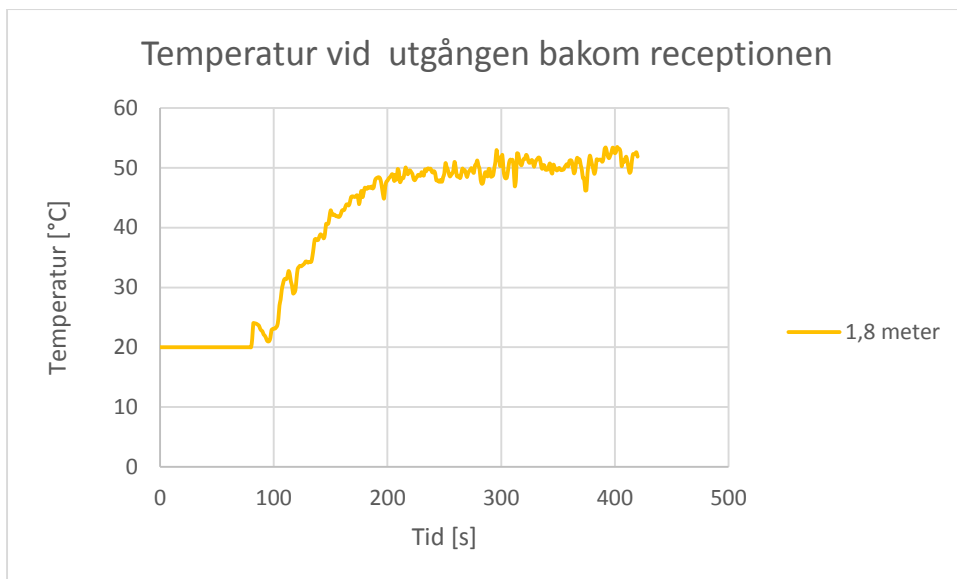
Figur 61. Resultat från mätning av temperatur vid den smala gången, som löper längs bowlingbanorna.

I den korridor som ligger utanför bowlinghallen, där det är lågt i tak, kommer temperaturen inte att överstiga 80 °C.



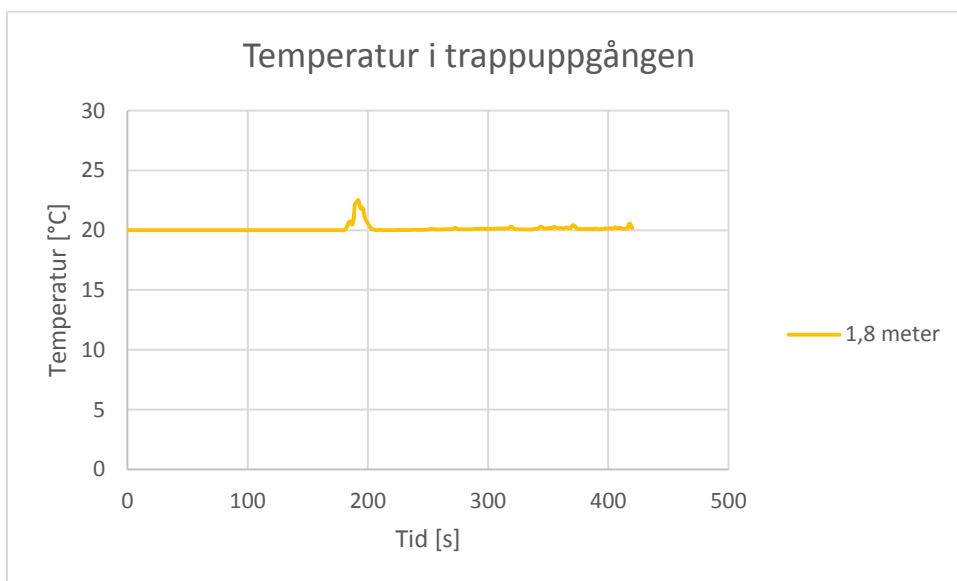
Figur 62. Resultat från mätning av temperatur i korridoren utanför bowlinghallen

Inte heller kommer acceptanskriteriet, vad gäller temperatur, att överskridas vid den utgång som är placerad bakom receptionen vid implementering av åtgärd.



Figur 63. Resultat från mätning av temperatur i rummet bakom receptionen.

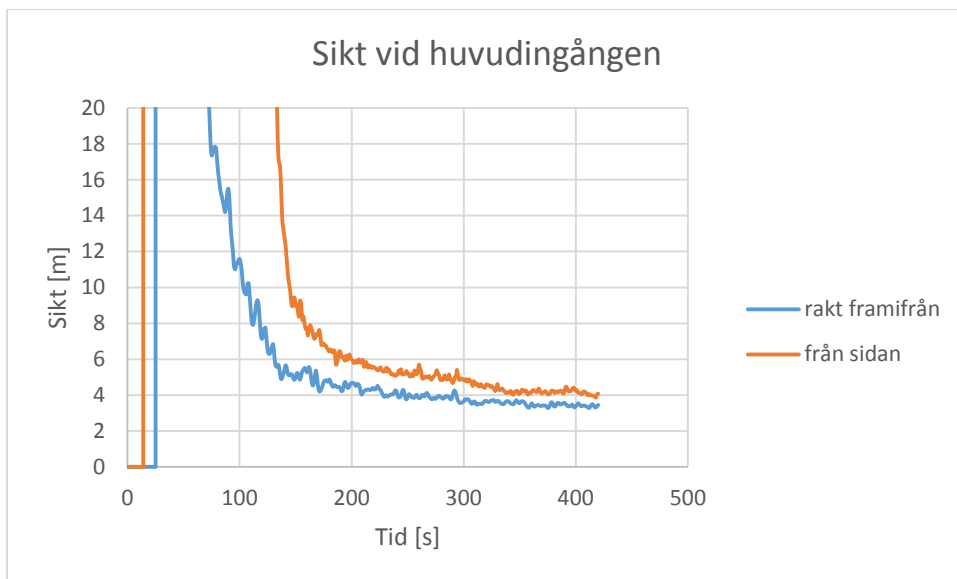
I trappuppgången kommer temperaturen knappt att öka alls och därmed kommer temperaturen inte att vara den faktor som påverka personsäkerheten negativt vid händelse av brand.



Figur 64. Resultat från mätning av temperatur i trappuppgången.

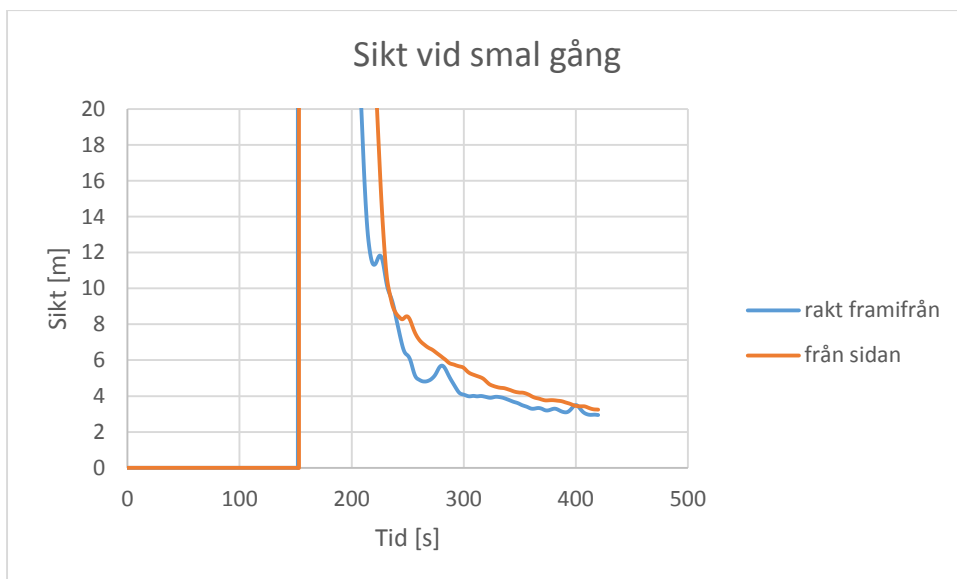
Sikt

Efter 2 minuter har den kritiska sikten på 10 meter uppnåtts vid huvudingången till bowlinghallen även efter insatt åtgärd, se figuren nedan.



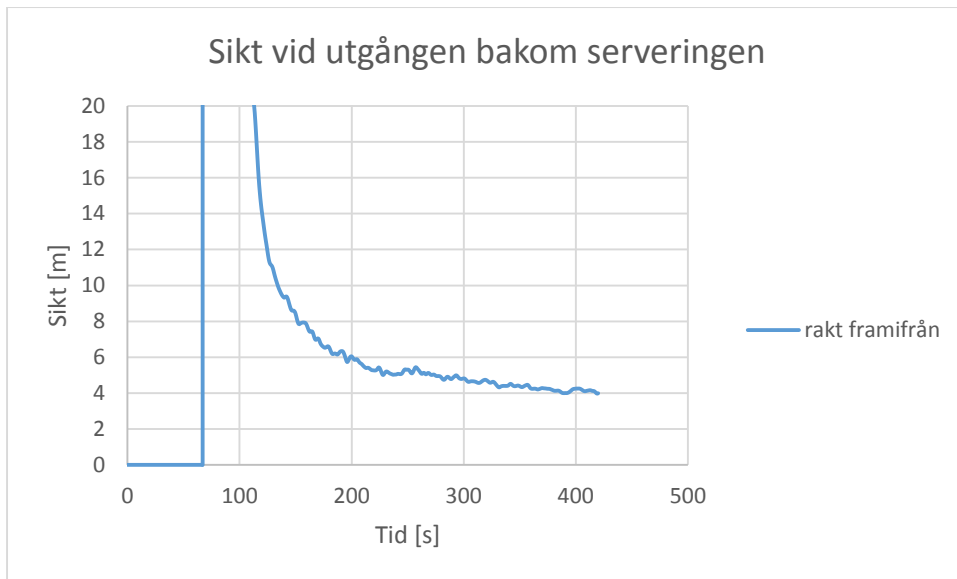
Figur 65. Resultat från mätning av sikt vid huvudingången.

Efter 3,5 minuter har den kritiska nivån vad gäller sikt uppnåtts vid den smala gången, som löper parallellt med bowlingbanorna.



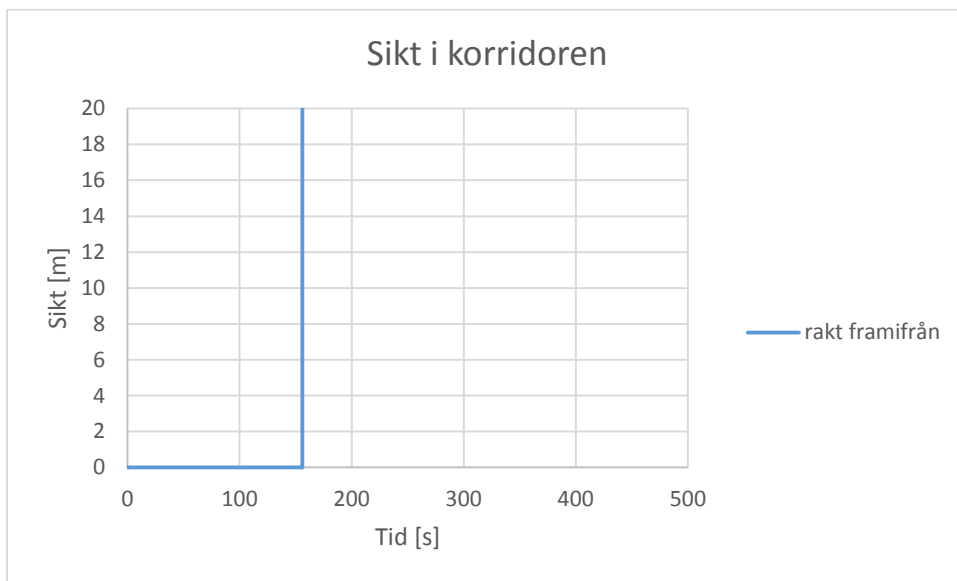
Figur 66. Resultat från mätning av sikt i den smala gången som löper parallellt med bowlingbanorna.

Vid utgången som ligger bakom serveringen tar det 2 minuter innan acceptanskriteriet, 10 meters sikt, överskrids.



Figur 67. Resultat från mätning av sikt i utgången bakom serveringen.

Sikten i korridoren påverkas inte nämnvärt och understiger inte 20 meter under hela utrymningsförloppet, vilket visas i figuren nedan.



Figur 68. Resultat från mätning av sikt i korridoren utanför bowlinghallen.



Genomskärningsfilerna

I tabellen nedan presenteras resultatet från genomskärningsfilerna för detta scenario efter insatta åtgärder.

Tabell 20. Resultat från genomskärningsfilerna för bowlinghallen.

BRAND I BOWLINGHALLEN	HÖJD ÖVER GOLV [M]	PLACERING	TID TILL KRITISKA FÖRHÅLLANDEN [S]
Koldioxid	1,8	Bakre utgången	-
	1,8	Utgång vid brand	-
	1,8	Utgång omklädningsrum	-
	1,8	Trappuppgång huvudentré	-
Kolmonoxid	1,8	Trappuppgång foajé	-
	1,8	Bakre utgången	-
	1,8	Utgång vid brand	-
	1,8	Utgång omklädningsrum	-
Sikt	1,8	Trappuppgång huvudentré	-
	1,8	Trappuppgång foajé	-
	1,8	Bakre utgången	240
	1,8	Utgång vid brand	125
Temperatur	1,8	Utgång omklädningsrum	110
	1,8	Trappuppgång huvudentré	270
	1,8	Trappuppgång foajé	380
	1,8	Bakre utgången	-
	1,8	Utgång vid brand	-
	1,8	Utgång omklädningsrum	-
	1,8	Trappuppgång huvudentré	-
	1,8	Trappuppgång foajé	-



## Bilaga 9 – Naturlig ventilation

Konsekvenserna av en brand i den lilla idrottshallen kan minskas med hjälp av naturlig ventilation. Beräkning av hur stor denna öppning i taket bör vara, för att kritiska förhållanden i detta utrymme inte ska uppnås, redovisas nedan och beräkningsmetoden är hämtad från *Enclosure fire dynamics* (Karlsson & Quintiere, 2000).

$$z = 2,1 \text{ meter}$$

Denna höjd motsvaras av den som erhålls vid beräkning av acceptanskriteriet för brandgaslagrets höjd och utgör därmed den höjd som brandgaslagret inte får understiga.

$$\dot{m} = 0,076 \cdot \dot{Q}^{\frac{1}{3}} \cdot z^{\frac{5}{3}} = 0,076 \cdot 3700^{\frac{1}{3}} \cdot 2,1^{\frac{5}{3}} = 4,1 \text{ kg/s}$$

Ovan beräknas det massflöde som branden avger, vilken ska vara samma som det massflöde som flödar genom brandgasluckan för att brandgaslagrets höjd ska stabiliseras. Den plymmodell som antogs vid beräkningen var Zukoskis, vilken är densamma som den ideala plymmodellen så när som på att denna har justerats något efter resultat från experiment.

$$\Delta P_l = \frac{\dot{m}^2}{2\rho_a(c_d \cdot A_d)^2} = \frac{4,1^2}{2 \cdot 1,2(0,6 \cdot 0,9 \cdot 2 \cdot 2,1)^2} = 1,3 \text{ Pa}$$

Ovanstående tryckskillnad är den som råder över öppningen i utrymmet. Konstanten  $c_d$  ansätts till 0,6, vilket är ett vanligt antagande,  $\rho_a$  sätts till  $1,2 \text{ kg/m}^3$  och  $A_d$  är öppningarnas area och motsvaras i detta fall av två dörrar som vardera är 0,9 meter breda och 2,1 meter höga (Karlsson & Quintiere, 2000).

$$T_g = T_a + \frac{\dot{Q}}{c_p \dot{m}_e + hA_w} = 293 + \frac{3700}{1 \cdot 4,1 + 0,033 \cdot 332} = 540 \text{ K}$$

Brandgaslagrets temperatur beräknas ovan och de antaganden som görs är att omgivningstemperaturen sätts till 293 Kelvin,  $c_p$  sätts till  $1 \text{ kJ/kgK}$ ,  $h$  för betong är  $0,033 \text{ kW/m}^2\text{K}$  och  $A_w$  utgör den totala arean för de delar av väggar och tak som är i kontakt med brandgaslagret.

$$\rho_g = \frac{353}{T_g} = \frac{353}{540} = 0,65 \text{ kg/m}^3$$

Med hjälp av ekvationen ovan beräknas brandgaslagrets densitet.

$$A_E = \frac{\dot{m}}{c_d \sqrt{2\rho_g(-\Delta P_l + (\rho_a - \rho_g)g(H_E - z))}} = \frac{4,1}{0,6 \sqrt{2 \cdot 0,64(-1,3 + (1,2 - 0,64)9,81(5 - 2,1))}} = 1,6 \text{ m}^2$$

Sist beräknas den area som krävs för att brandgaslagrets höjd inte ska nå lägre än acceptanskriteriet, som är 2,1 meter, och för att detta inte ska ske krävs det en brandgaslucka som är minst  $1,6 \text{ m}^2$ .

### Känslighetsanalys

För att bestämma vilken storlek brandgasventilationsluckorna bör ha gjordes en ytterligare beräkning av storleken på dessa, men denna gång antogs effekten att vara den dubbla jämfört med ursprungsscenarioet. Samma beräkningsgång som ovan genomfördes och delsteg i beräkningen visas nedan.

$$z = 2,1 \text{ meter}$$

$$\Delta P_l = 2,1 \text{ Pa}$$

$$T_g = 778 \text{ K}$$

$$\rho_g = 0,45 \text{ kg/m}^3$$

$$A_E = 2 \text{ m}^2$$

Resultatet ovan visar på att om denna lucka är 2 m<sup>2</sup> stor kommer den med råge att klara av att upprätthålla acceptanskriteriet.

Aktivering

Om aktivering ska ske med hjälp av detektorer krävs det att två stycken placeras ut och för att luckan ska aktivera krävs det att båda dessa detektorer branden, vilket är en säkerhetsåtgärd för att förebygga fellarm.

Aktiveringstiden för dessa hade då varit cirka 1,5 minuter, vilket visas i figuren nedan. I bilaga 7, där temperaturträden redovisas går det att utläsa för lilla hallen att temperaturen vid höjdkriteriet 1,8 meter aldrig överstiger 80 grader.

### DETECTOR ACTUATION - Time squared

Ambient temperature (°C)	<input type="text" value="20"/>
Detector Response Time Index (RTI)	<input type="text" value="0,5"/>
Detector Activation Temperature (°C)	<input type="text" value="33"/>
Detector Rate of Temperature Rise (°C/min)	<input type="text" value="4"/>
Room Ceiling Height (m)	<input type="text" value="5"/>
Detector Spacing (m)	<input type="text" value="6"/>
Fire Growth Rate	<input type="text" value="Fast"/>
Fire Growth Rate (W/s <sup>2</sup> )	<input type="text" value="46,888889"/>
	<input type="button" value="Calculate!"/>
<b>For temperature actuated detector:</b>	
Time to Activation (min)	<input type="text" value="1,64"/>
Heat Release Rate (kW)	<input type="text" value="454"/>

Figur 69. Resultat från beräkning av tid till detektoraktivering för brandgasventilationsluckorna.

Om man däremot väljer att aktivera brandgasventilationsluckorna med smältbleck kommer aktiveringstiden att bli nästan 4 minuter, se figur 70.

## DETECTOR ACTUATION - Time squared

Ambient temperature (°C)	<input type="text" value="20"/>
Detector Response Time Index (RTI)	<input type="text" value="50"/>
Detector Activation Temperature (°C)	<input type="text" value="72"/>
Detector Rate of Temperature Rise (°C/min)	<input type="text" value="4"/>
Room Ceiling Height (m)	<input type="text" value="5"/>
Detector Spacing (m)	<input type="text" value="6"/>
Fire Growth Rate	<input type="text" value="Fast"/>
Fire Growth Rate (W/s <sup>2</sup> )	<input type="text" value="46,888889"/>
<input type="button" value="Calculate!"/>	

### For temperature actuated detector:

Time to Activation (min)	<input type="text" value="3,72"/>
Heat Release Rate (kW)	<input type="text" value="2332"/>

### For rate of rise actuation detector:

Time to Activation (min)	<input type="text" value="1,2"/>
Heat Release Rate (kW)	<input type="text" value="245"/>

Figur 70. Aktiveringstid för aktivering av brandgasventilationsluckor med smältbleck.



## Bilaga 10 – Vattendimma

I denna bilaga följer beräkningen för aktivering av dimsprinklern, som är åtgärdsförslaget för scenariot i bowlinghallen. Figuren nedan visar resultatet för beräkningen av aktiveringstiden.

### DETECTOR ACTuation - Time squared

Ambient temperature (°C)	<input type="text" value="20"/>
Detector Response Time Index (RTI)	<input type="text" value="50"/>
Detector Activation Temperature (°C)	<input type="text" value="68"/>
Detector Rate of Temperature Rise (°C/min)	<input type="text" value="4"/>
Room Ceiling Height (m)	<input type="text" value="2,5"/>
Detector Spacing (m)	<input type="text" value="1"/>
Fire Growth Rate	<input type="text" value="Medium"/>
Fire Growth Rate (W/s <sup>2</sup> )	<input type="text" value="11,722222"/>
	<input type="button" value="Calculate!"/>
<b>For temperature actuated detector:</b>	
Time to Activation (min)	<input type="text" value="2,01"/>
Heat Release Rate (kW)	<input type="text" value="170"/>

Figur 71. Uträkning av aktivering av dimsprinklern.

Response Time Index sattes till 50 eftersom alla RTI som är 50 eller under klassas som fast response. Temperaturen 68 °C valdes som aktiveringstemperatur eftersom detta är relativt vanligt (FM Approvals, 2012).

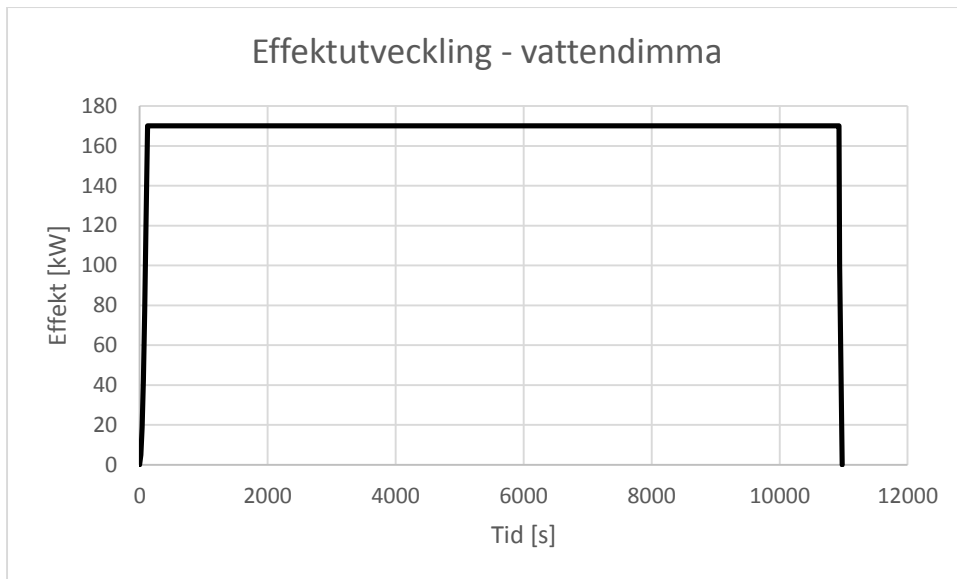
En ny effektkurva för detta scenario togs sedan fram. Först beräknades den energi som går förlorad under tillväxtfasen.

$$Q_{tillväxt} = \frac{0,012 \cdot 121^3}{3} = 7086 \text{ kJ}$$

Därefter beräknades hur lång tid detta brandförlopp kommer att vara och även det på samma sätt som tidigare, se beräkning nedan.

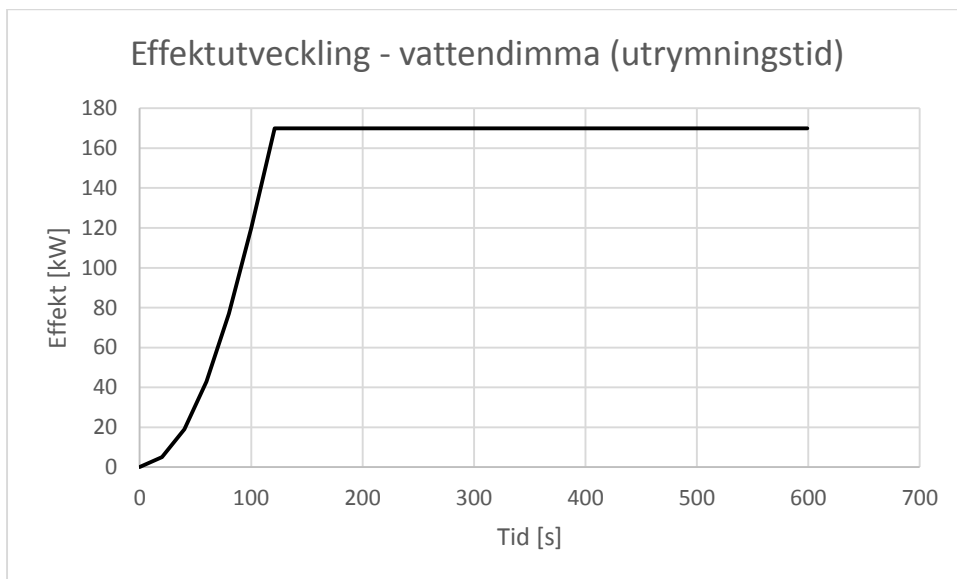
$$\frac{(Q_{syretillgång} - Q_{tillväxt})}{\dot{Q}} + t_{tillväxt} = \frac{1865021 - 7086}{170} + 121 = 10929 \text{ sekunder} = 182 \text{ minuter}$$

I figur 72 visas effektkurvan för det scenario som uppstår då branden i bowlinghallen dämpas av ett aktivt system i form av ett vattendimmsystem.



Figur 72. Effektutvecklingen för branden i bowlinghallen då vattendimman är aktiverad.

På grund av att denna brand har en låg maximal effekt kommer den att vara längre och på grund av detta ger ovanstående figuren en otydlig bild av den första delen av brandförloppet. I figuren nedan visualiseras denna del tydligare.



Figur 73. Tydligare bild av den tidiga delen av brandförloppet då vattendimma dämpar effektutvecklingen för scenariot i bowlinghallen.



## Bilaga 11 – Känslighetsanalys varseblivningstid

I denna bilaga presenteras resultatet från när parametern varseblivningstiden varierades i syfte att genomföra en känslighetsanalys. För samtliga scenario varierades aktiveringstemperaturen. Även handberäkningar för samtliga scenario har genomförts för att kunna jämföra resultat med DETACT-T2.

För den stora idrottshallen varierades också takhöjden och detta på grund av att detektorer är placerade både i multihallen där det är 3 meter i takhöjd, men även inne i den stora idrottshallen där det är 9 meter från golv till tak.

Tabell 21. Resultat från där varseblivningstiden varierades för den stora idrottshallen.

BRAND I FÖRRÅD PÅ LÄKTAREN	VARSEBLIVNINGSTID [MIN]
Aktiveringstemperatur 13 °C	1,3
Aktiveringstemperatur 5 °C	1,0
Takhöjd 9 m (13 °C)	2,3
Takhöjd 9 m (5 °C)	1,7
Handberäkning	1,3

I bowlinghallen varierar inte takhöjden och därmed var det bara aktiveringstemperaturen som varierades för detta scenario.

Tabell 22. Resultat från där varseblivningstiden varierades för bowlinghallen.

BRAND I BOWLINGHALLEN	VARSEBLIVNINGSTID [MIN]
Aktiveringstemperatur 13 °C	2,0
Aktiveringstemperatur 5 °C	1,4
Handberäkning	1,9

För den lilla idrottshallen varierades även takhöjden då detektorer kan vara placerade antingen i taket i idrottshallen eller i taket i förrådet som har en lägre takhöjd.

Tabell 23. Resultat från där varseblivningstiden varierades för den lilla idrottshallen.

BRAND I LILLA IDROTTSHALLEN	VARSEBLIVNINGSTID [MIN]
Aktiveringstemperatur 13 °C	1,6
Aktiveringstemperatur 5 °C	1,2
Takhöjd 2,5 m (13 °C)	1,2
Takhöjd 2,5 m (5 °C)	1,0
Handberäkning	1,0



## Bilaga 12 – Känslighetsanalys kolmonoxid

I denna bilaga presenteras resultatet från när parametern kolmonoxid-yield varierades. Detta gjordes för att kontrollera om mängden producerad kolmonoxid kan nå över kriteriet för kritiska förhållanden. Kolmonoxidens molvikt är på 28 g/mol, vilket är väldigt nära brandgasernas molvikt på 29 g/mol om de antas vara samma som luft. Detta gör det enkelt att göra en känslighetsanalys för kolmonoxiden eftersom då skalar yielden, som anges i gram/gram med volymandelen. Variationen sattes till en faktor 10, från 0,014 g/g till 0,14 g/g. Tabellerna nedan visar resultaten.

Tabell 24. Resultat från när kolmonoxidproduktionen varierades i den stora idrottshallen.

BRAND I FÖRRÅD PÅ LÄKTAREN	CO	CO (ändrad yield)
Läktare	–	–
Multihallen (närmst läktaren)	–	3,5
Multihall (utgång ut)	–	4,0
Multihall (foajé)	–	3,5

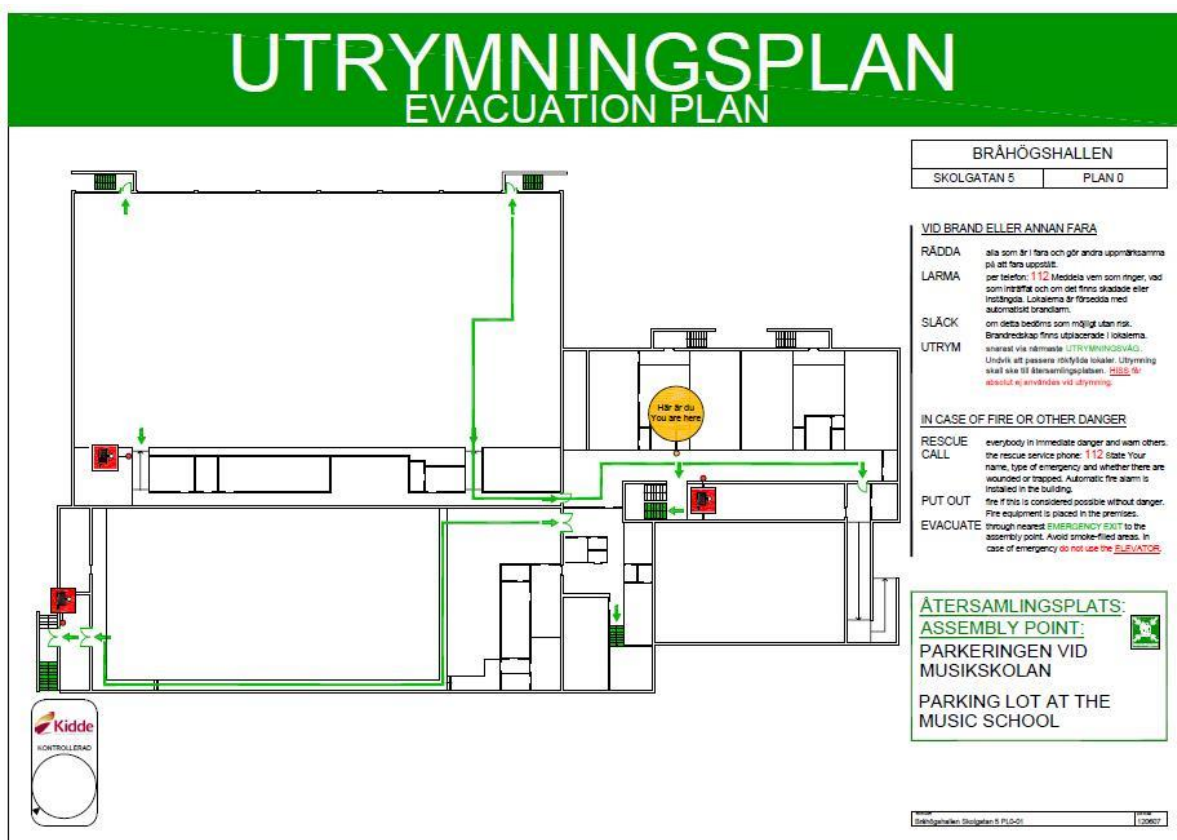
Tabell 25. Resultat från när kolmonoxidproduktionen varierades i bowlinghallen.

BRAND I BOWLINGHALLEN	CO	CO (ändrad yield)
Huvudingång	–	6,0
Bakom servering	–	7,5
Smal gång	–	8,0
Korridor	–	–
Trappuppgång	–	–

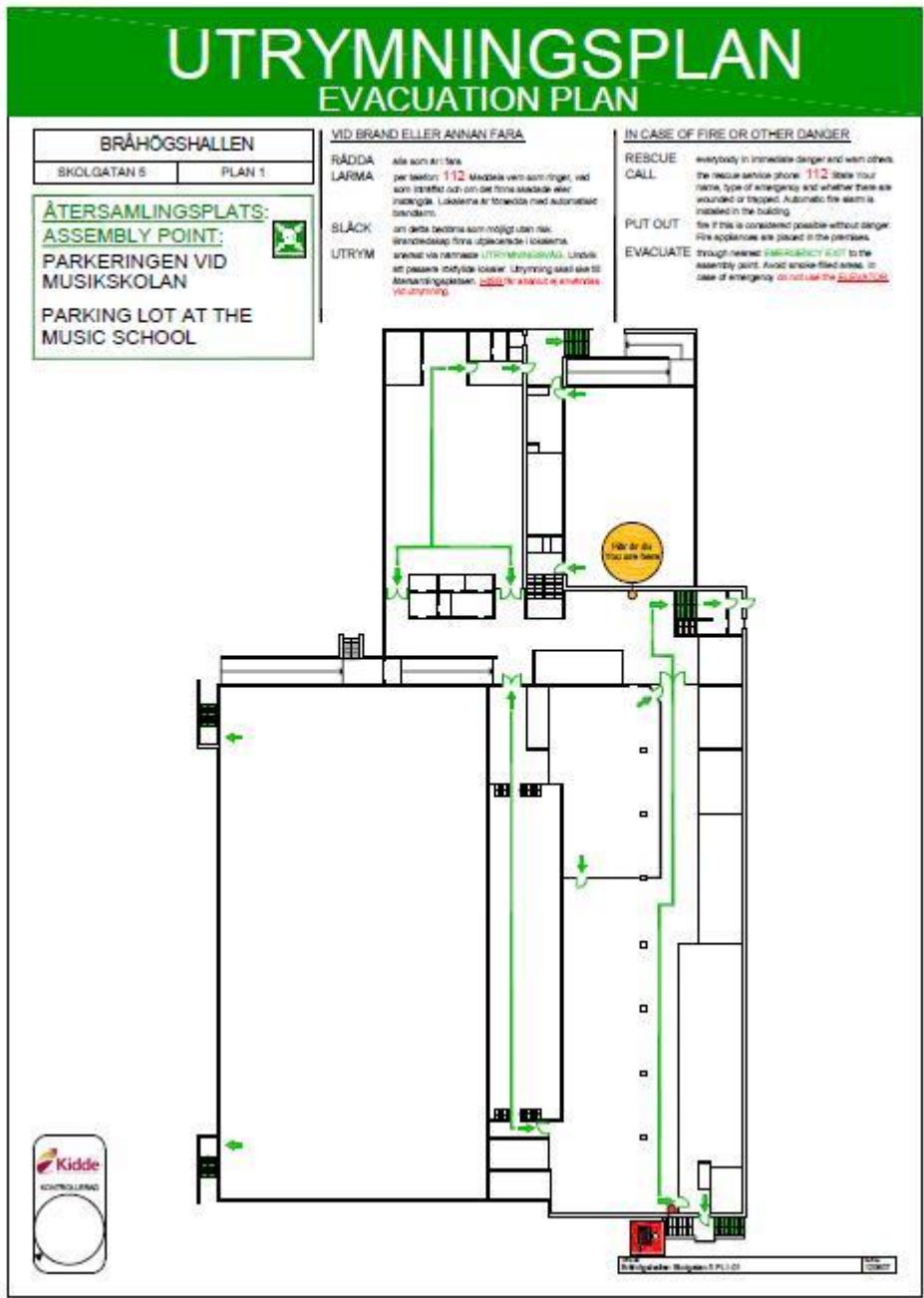
Tabell 26. Resultat från när kolmonoxidproduktionen varierades i den lilla idrottshallen.

BRAND I LILLA IDROTTSHALLEN	CO	CO (ändrad yield)
Vid uteförråd	–	3,5
Vid foajé	–	4,5
Norra foajé	–	6,0
Södra foajén	–	6,0





Figur 74. Utrymningsplan plan 0 Bråhögshallen.



Figur 75. Utrymningsplan plan 1 Bråhögshallen.

## Bilaga 14 – Inputfiler till FDS

Nedan visas indatafiler till samtliga scenarion. Bowlinghallen och den stora hallen skrevs i Notepad med regelbundna tester i Pyrosim. Koden för den lilla idrottshallen ser annorlunda ut eftersom den gjordes till stor del i Pyrosim, vilket är ett grafiskt program för FDS. När koden är klar ger Pyrosim en indatafil för FDS som kan utläsas nedan.

Brand i förråd på läktaren

&HEAD CHID='stora hallen' /

&MESH ID='MESH1', IJK=44, 45, 30, XB= 0.0, 4.4, 0.4, 4.9, 2.2, 5.2 / -- Mesh Förrådet --

&MESH ID='MESH2', IJK=74, 108, 72, XB= 0.0, 7.4, 4.9, 15.7, 2.1, 9.3 / -- Mesh , norr om förråd --

&MESH ID='MESH3', IJK=74, 108, 72, XB= 0.0, 7.4, 15.7, 26.5, 2.1, 9.3 / -- Mesh, norr om förråd2 --

&MESH ID='MESH4', IJK=182, 48, 72, XB= 4.4, 22.6, 0.1, 4.9, 2.1, 9.3 / -- Mesh, Läktaren --

&MESH ID='MESH5', IJK=184, 48, 72, XB= 22.6, 41.0, 0.1, 4.9, 2.1, 9.3 / -- Mesh, Läktaren2 --

&MESH ID='MESH6', IJK= 85, 108, 48, XB= 7.4, 24.4, 4.9, 26.5, -0.3, 9.3 / --Mesh, Långt från förrådet--

&MESH ID='MESH7', IJK= 84, 108, 48, XB=24.4, 41.2, 4.9, 26.5,-0.3,9.3/ --Mesh, Långt från förrådet2--

&MESH ID='MESH8', IJK= 74, 108, 24, XB= 0.0, 7.4, 4.9, 15.7, -0.3, 2.1 /-- Mesh, Under mesh 2 --

&MESH ID='MESH9', IJK= 74, 108, 24, XB= 0.0, 7.4, 15.7, 26.5, -0.3, 2.1 /-- Mesh, Under mesh 2 --

&MESH ID='MESH10', IJK=44, 45, 40, XB= 0.0, 4.4, 0.4, 4.9, 5.2, 9.2 / -- Mesh, Ovanför mesh 1 --

&MESH ID='MESH11', IJK= 44, 108, 30, XB= 0.0, 4.4, -10.4, 0.4, 2.5, 5.5 / -- Mesh, Kombihall förråd --

&MESH ID='MESH12', IJK= 100, 100, 30, XB= 4.4, 14.4, -9.9, 0.1, 2.5, 5.5 / -- Mesh, Resterande kombihall --

&MESH ID='MESH13', IJK= 134, 50, 15, XB= 14.4, 41.2, -9.9, 0.1, 2.5, 5.5 / -- Mesh, Resterande kombihall --

&TIME T\_END=540.0/

&DUMP DT\_DEVC=1.0/

&MATL ID='CONCRETE'

CONDUCTIVITY=1.1

DENSITY=2300

SPECIFIC\_HEAT=0.88/

&SURF ID='WALLS'

MATL\_ID='CONCRETE'

DEFAULT=.TRUE.

EMISSIVITY=0.9

THICKNESS=0.3/

```

-- Stora hallen --
&OBST XB= 0.0, 0.3, 0.0, 26.4, 0.0, 9.2 / -- Vänstra stora väggen --
&OBST XB= 0.0, 41.1, 26.4, 26.7, 0.0, 9.2 / -- Övre stora väggen --
&OBST XB= 0.0, 41.1, 0.0, 0.3, 0.0, 9.2 / -- Nedre stora väggen --
&OBST XB= 40.8, 41.1, 0.0, 26.4, 0.0, 9.2 / -- Högra stora väggen --
&OBST XB= 0.0, 41.1, 0.0, 26.4, -0.3, 0.0 / -- Golv --
&OBST XB= 0.0, 41.1, 0.0, 26.4, 9.2, 9.5, COLOR='INVISIBLE' / -- Tak --
&OBST XB= 0.0, 41.1, 4.7, 5.0, 0.0, 2.3 / -- Främre läktarvägg
&OBST XB= 0.0, 41.1, 0.0, 4.7, 2.3, 2.6 / -- Läktargolvet --
&VENT XB= 41.0, 41.0, 3.2, 4.5, 2.6, 4.6 SURF_ID='OPEN' / -- Dörr ståplats --
&HOLE XB= 40.7, 41.1, 3.2, 4.5, 2.6, 4.6 / -- Hål för vent --
&OBST XB= 0.0, 4.7, 4.4, 4.7, 2.3, 5.2 / -- Främre vägg för förrådet --
&OBST XB= 4.4, 4.7, 0.0, 4.4, 2.3, 5.2 / -- Högra väggen för förrådet --
&OBST XB= 0.0, 4.7, 0.0, 4.7, 5.2, 5.5, COLOR='INVISIBLE' / -- Tak för förrådet --
&HOLE XB= 2.0, 2.9, 0.0, 0.3, 2.6, 4.4 / -- Dörr till kombihall --
&OBST XB= 0.0, 4.4, 0.3, 0.4, 5.5, 9.2 /

-- Kombihallen or what not --
&OBST XB= 0.0, 4.4, -0.5, 0.0, 5.2, 5.5 / -- Liten TakBit --
&OBST XB= 0.0, 41.2, -10.4, -9.8, 2.6, 5.5 / -- Nedre vägg kombihall --
&OBST XB= 0.0, 0.3, -9.8, 0.0, 2.6, 5.5 / -- Vänstra väggen kombihall --
&OBST XB= 40.8, 41.2, -9.8, 0.0, 2.6, 5.5 / -- Högra väggen kombihallen --
&VENT XB= 41.2, 41.2, -8.8, -7.6, 2.6, 4.6 SURF_ID='OPEN' / -- Dörr till kombihall --
&HOLE XB= 40.7, 41.3, -8.8, -7.6, 2.6, 4.6 /
&OBST XB= 20.0, 41.4, -5.7, -5.4, 2.6, 5.5 / -- Boxningshall nedre vägg--
&OBST XB= 20.0, 20.3, -5.4, 0.0, 2.6, 5.5 / -- Boxningshall vänstra vägg --
&HOLE XB= 36.0, 37.2, -5.7, -5.4, 2.6, 4.6 / -- Boxningshalls dörr --
&OBST XB= 0.0, 41.2, -10.4, 0.0, 2.3, 2.6 / -- Golv kombihall och boxningshall --
&OBST XB= 0.0, 41.2, -10.4, 0.0, 5.5, 5.8, COLOR='INVISIBLE' / -- Tak kombihall och
boxningshall --
&HOLE XB= 2.0, 2.9, -10.5, -9.7, 2.6, 4.6 / -- Hål för vent kombihall --
&VENT XB= 2.0, 2.9, -10.4, -10.4, 2.6, 4.6 SURF_ID='OPEN' / -- Nödutgång 3 kombihall --

--- Värmeavkänning för brandluckor --- (Flashover vid 183 sekunder) --
&DEVC XYZ= 2.0, 4.5, 3.5, ID='temp 1', SETPOINT= 183.0, ORIENTATION=0, -1, 0,
QUANTITY='TIME', INITIAL_STATE=.FALSE./
&DEVC XYZ= 3.2, 4.4, 3.0, ID='temp 2', SETPOINT= 183.0, ORIENTATION=0, -1, 0,
QUANTITY='TIME', INITIAL_STATE=.FALSE./

--- Brandluckor ---
&HOLE XB= 0.5, 1.5, 4.4, 4.7, 3.0, 4.0, COLOR='RED', DEVC_ID='temp 1' /
&HOLE XB= 1.6, 2.6, 4.4, 4.7, 3.0, 4.0, COLOR='BLUE', DEVC_ID='temp 2' /

-- Termoelement för läktaren sen strålning --
&DEVC ID='LaktarTermo1', XYZ= 15.05, 3.05, 9.15, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&DEVC ID='LaktarTermo2', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 15.05, 3.05, 8.55 /
&DEVC ID='LaktarTermo3', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 15.05, 3.05, 8.05 /
&DEVC ID='LaktarTermo4', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 15.05, 3.05, 7.55 /
&DEVC ID='LaktarTermo5', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 15.05, 3.05, 7.05 /

```



&DEVC ID='LaktarTermo6', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 15.05, 3.05, 6.55 /  
&DEVC ID='LaktarTermo7', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 15.05, 3.05, 6.05 /  
&DEVC ID='LaktarTermo8', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 15.05, 3.05, 5.55 /  
&DEVC ID='LaktarTermo9', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 15.05, 3.05, 5.05 /  
&DEVC ID='LaktarTermo10', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 15.05, 3.05, 4.75 /  
&DEVC ID='LaktarTermo11', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 15.05, 3.05, 4.55 /  
&DEVC ID='LaktarTermo12', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 15.05, 3.05, 4.35 /  
&DEVC ID='LaktarTermo13', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 15.05, 3.05, 4.15 /  
&DEVC ID='LaktarTermo14', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 15.05, 3.05, 3.95 /  
&DEVC ID='LaktarTermo15', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 15.05, 3.05, 3.75 /  
&DEVC ID='LaktarBBRAD', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 15.05, 3.05, 5.15 /

-- Termoelement och strålning för att visa att golvet är safe --

&DEVC ID='Golvtermo1', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 3.7, 26.3, 1.5 /

-- Utanför branden och en nödutgång --

&DEVC ID='Kombihall1', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 4.05, -2.05, 5.35 /  
&DEVC ID='Kombihall2', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 4.05, -2.05, 5.15 /  
&DEVC ID='Kombihall3', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 4.05, -2.05, 4.95 /  
&DEVC ID='Kombihall4', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 4.05, -2.05, 4.75 /  
&DEVC ID='Kombihall5', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 4.05, -2.05, 4.55 /  
&DEVC ID='Kombihall6', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 4.05, -2.05, 4.35 /  
&DEVC ID='Kombihall7', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 4.05, -2.05, 4.15 /  
&DEVC ID='Kombihall8', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 4.05, -2.05, 3.95 /  
&DEVC ID='Kombihall9', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 4.05, -2.05, 3.75 /  
&DEVC ID='KombihallBBRAD', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 4.05, -2.05, 4.45 /

-- Nödutgång vid kombihallen --

&DEVC ID='KombiNod1', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 2.55, -9.55, 5.35 /  
&DEVC ID='KombiNod2', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 2.55, -9.55, 5.15 /  
&DEVC ID='KombiNod3', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 2.55, -9.55, 4.95 /  
&DEVC ID='KombiNod4', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 2.55, -9.55, 4.75 /  
&DEVC ID='KombiNod5', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 2.55, -9.55, 4.55 /  
&DEVC ID='KombiNod6', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 2.55, -9.55, 4.35 /  
&DEVC ID='KombiNod7', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 2.55, -9.55, 4.15 /  
&DEVC ID='KombiNod8', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 2.55, -9.55, 3.95 /  
&DEVC ID='KombiNod9', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 2.55, -9.55, 3.75 /  
&DEVC ID='KombiNodBBRAD', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 2.55, -9.55, 4.45 /

-- Nödutgång nära boxning --

&DEVC ID='Boxning1', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 40.55, -8.05, 5.35 /  
&DEVC ID='Boxning2', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 40.55, -8.05, 5.15 /  
&DEVC ID='Boxning3', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 40.55, -8.05, 4.95 /  
&DEVC ID='Boxning4', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 40.55, -8.05, 4.75 /  
&DEVC ID='Boxning5', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 40.55, -8.05, 4.55 /  
&DEVC ID='Boxning6', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 40.55, -8.05, 4.35 /  
&DEVC ID='Boxning7', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 40.55, -8.05, 4.15 /  
&DEVC ID='Boxning8', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 40.55, -8.05, 3.95 /

&DEVC ID='Boxning9', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 40.55, -8.05, 3.75 /  
&DEVC ID='BoxningBBRAD', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 40.55, -8.05, 4.45 /

-- Slices--

&SLCF PBZ= 3.7, QUANTITY='carbon monoxide' / -- Co slice --  
&SLCF PBZ= 4.2, QUANTITY='carbon monoxide' / -- Högre CO slice --  
&SLCF PBZ= 4.4, QUANTITY='carbon monoxide' /  
&SLCF PBZ= 3.7, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&SLCF PBZ= 4.2, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&SLCF PBZ= 4.4, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&SLCF PBZ= 3.7, QUANTITY='carbon dioxide' /  
&SLCF PBZ= 4.2, QUANTITY='carbon dioxide' /  
&SLCF PBZ= 4.4, QUANTITY='carbon dioxide' /  
&SLCF PBZ= 3.7, QUANTITY='VISIBILITY', VECTOR=.TRUE. /  
&SLCF PBZ= 4.2, QUANTITY='VISIBILITY', VECTOR=.TRUE. /  
&SLCF PBZ= 4.4, QUANTITY='VISIBILITY', VECTOR=.TRUE. /

&DEVC XB= 2.0, 12.0, -9.7, -9.7, 4.3, 4.3, QUANTITY='PATH OBSCURATION',  
ID='beam1', SETPOINT=0.0 /  
&DEVC XB= 2.0, 9.0, -9.7, -2.7, 4.3, 4.3, QUANTITY='PATH OBSCURATION',  
ID='beam2', SETPOINT=0.0 /

&DEVC XB= 30.5, 40.5, -8.2, -8.2, 4.3, 4.3, QUANTITY='PATH OBSCURATION',  
ID='beam3', SETPOINT=0.0 /  
&DEVC XB= 2.5, 2.5, -0.3, -10.3, 4.3, 4.3, QUANTITY='PATH OBSCURATION',  
ID='beam4', SETPOINT=0.0 /  
&DEVC XB= 30.8, 40.8, 3.5, 3.5, 4.3, 4.3, QUANTITY='PATH OBSCURATION',  
ID='beam5', SETPOINT=0.0 /

&REAC FUEL = 'WOOD',  
FYI = 'Wood, C\_6 H\_10 O\_5',  
C = 6.0,  
H = 10.0,  
O = 5.0,  
N=0.0,  
SOOT\_YIELD = 0.015,  
CO\_YIELD = 0.014,  
HEAT\_OF\_COMBUSTION = 12000.0,  
IDEAL=.FALSE. /  
&SURF ID='BURNER', HRRPUA=740., RAMP\_Q='Inferno', COLOR='RED' /  
&RAMP ID='Inferno', T=0, F=0, /  
&RAMP ID='Inferno', T=50, F=0.032, /  
&RAMP ID='Inferno', T=100, F=0.127 /  
&RAMP ID='Inferno', T=150, F=0.286 /  
&RAMP ID='Inferno', T=183, F=0.425, /  
&RAMP ID='Inferno', T=184, F=1.0, /  
&RAMP ID='Inferno', T=680, F=1.0, /  
&RAMP ID='Inferno', T=710, F=0.54, /  
&RAMP ID='Inferno', T=740, F=0.27, /

```
&RAMP ID='Inferno', T=770, F=0, /  
&OBST XB= 2.0, 3.0, 1.5, 2.5, 2.6, 3.6, SURF_IDS= 'BURNER', 'BURNER', 'INERT' /  
  
&TAIL /
```

Brand i bowlinghallen

&HEAD CHID='Bowling'/

&MESH ID='MESH 1', IJK= 155, 80, 15, XB= 0.0, 31.0, 0.0, 16.0, -0.3, 2.7 / -- Mesh längst till vänster--

&MESH ID='MESH 2', IJK= 53, 160, 25, XB= 31.0, 36.3, 0.0, 16.0, 0.7, 3.2 / -- Mesh i mitten av hallen --

&MESH ID='MESH 3', IJK= 47, 100, 25, XB= 36.3, 41.0, 0.0, 10.0, 0.7, 3.2 / -- Mesh för små rummen --

&MESH ID='MESH 4', IJK= 94, 120, 50, XB= 36.3, 41.0, 10.0, 16.0, 0.7, 3.2 / --Mesh vid eld,--

&MESH ID='MESH 5', IJK= 42, 135, 24, XB= 41.0, 45.2, 7.2, 20.7, 0.5, 2.9 / --Mesh till nedre trappen--

&MESH ID='MESH 6', IJK= 44, 72, 25, XB= 41.0, 45.4, 0.0, 7.2, 0.7, 3.2 / -- Mesh foaje trappa --

&MESH ID='MESH 7', IJK= 221, 27, 24, XB= 45.2, 67.3, 18.0, 20.7, 0.5, 2.9/ -- Mesh korridor --

&MESH ID='MESH 8', IJK= 50, 32, 25, XB= 45.2, 50.2, 14.8, 18.0, 0.7, 3.2 / -- Mesh trapphus --

&MESH ID='MESH 9', IJK=52, 72, 16, XB=40.2, 50.6, -0.2, 14.2, 3.2, 6.4 / -- halva foajén södra--

&MESH ID='MESH 10', IJK=52, 72, 16 XB=40.2, 50.6, 14.2, 28.6, 3.2, 6.4 / -- halva foajén norra --

&TIME T\_END=540.0 /

&DUMP DT\_DEVC=1.0/

&MATL ID='CONCRETE'

CONDUCTIVITY=1.1

DENSITY=2300

SPECIFIC\_HEAT=0.88/

&SURF ID='WALLS'

MATL\_ID='CONCRETE'

DEFAULT=.TRUE.

EMISSIVITY=0.9

THICKNESS=0.3/

--Geometri bowlinghallen--

&OBST XB=0.0, 31.0, 0.0, 0.3, 0.0, 2.5 / -- Vägg nedre --

&OBST XB=31.0, 45.3, 0.0, 0.3, 0.7, 3.2 / -- Vägg nedre med golvupphöjning --

&OBST XB=0.0, 0.3, 0.0, 15.7, 0.0, 2.5 / -- Vägg bakre --

&OBST XB=2.5, 2.8, 0.0, 4.1, 0.0, 2.5 / -- Vägg mellan verkstad och dörr --

&OBST XB=2.5, 2.8, 5.3, 15.7, 0.0, 2.5 / -- Vägg mellan dörr och verkstad --

&OBST XB=2.5, 2.8, 4.1, 5.3, 2.0, 2.5 / -- Biten ovanför dörren --

&OBST XB=5.3, 5.6, 1.2, 15.7, 0.6, 2.5 / -- Vägg ovanför kägglorna --

&HOLE XB= 0.0, 0.3, 4.1, 5.3, 0.0, 2.0 / -- Hål för nödutgång där bak --

&VENT XB= 0.0, 0.0, 4.1, 5.3, 0.0, 2.0 SURF\_ID='OPEN' / -- Vent för denna --

&OBST XB=0.0, 2.5, 8.4, 8.7, 0.0, 2.5 / -- Vägg mellan fläktrum o verkstad --

&OBST XB=0.0, 31.0, 15.7, 16.0, 0.0, 2.5 / -- Vägg övre utan golvhöjning --

&OBST XB=31.0, 41.2, 15.7, 16.0, 0.7, 3.2 / -- Vägg övre vid golvhöjning --

&OBST XB=40.2, 40.5, 10.2, 20.7, 0.7, 3.2 / -- Dörren --

&HOLE XB= 40.2, 40.5, 13.8, 15.1, 0.7, 2.7 / -- Hål för dörr --  
&OBST XB= 36.3, 40.2, 10.2, 10.5, 0.7, 3.2 / -- Vägg vinkelrät mot brandcellsörren --  
&OBST XB= 36.3, 36.6, 0.0, 10.2, 0.7, 3.2 / -- Vägg främre --  
&OBST XB= 0.0, 31.0, 0.0, 16.0, -0.3, 0.0 / -- Golv nedre --  
&OBST XB= 30.9, 31.0, 0.0, 16.0, 0.0, 0.7 / -- Bit som fyller tomrummet vid golvet --  
&OBST XB= 31.0, 40.5, 0.0, 16.0, 0.4, 0.7 / -- Golv övre --  
&OBST XB= 0.0, 31.0, 0.0, 16.0, 2.5, 2.8, COLOR='INVISIBLE' / -- Tak nedre -- --  
&OBST XB= 30.9, 31.0, 0.0, 16.0, 2.8, 3.2 COLOR='INVISIBLE' / -- Takgrej som fyller tomrummet --  
&OBST XB= 31.0, 40.5, 0.0, 16.0, 3.2, 3.5 COLOR='INVISIBLE' / -- Tak övre --

--Korridorerna utanför bowlinghallen--

&OBST XB= 40.5, 44.3, 12.9, 13.2, 0.7, 3.2 /  
&OBST XB= 44.0, 44.3, 3.8, 13.2, 0.7, 3.2 /  
&OBST XB= 44.3, 45.2, 3.8, 4.1, 0.7, 3.2 / -- Tak ovanför hålet --  
&HOLE XB= 44.3, 45.2, 3.8, 4.1, 0.7, 2.7 / -- Hål för trappuppgång --  
&OBST XB= 45.2, 45.5, 0.0, 18.0, 0.7, 3.2 /  
&OBST XB= 40.5, 45.2, 16.0, 16.3, 0.7, 3.2 / -- "Brandcellsvägg" --  
&HOLE XB= 43.5, 44.7, 16.0, 16.3, 0.7, 2.7 / -- Dörr i "brandcellsväggen" --  
&OBST XB= 40.5, 67.3, 20.7, 21.0, 0.7, 2.8 / -- Korridorsvägg --  
&OBST XB= 45.2, 67.3, 17.7, 18.0, 0.7, 2.8 / -- Korridorsvägg 2 --  
&OBST XB= 67.0, 67.3, 16.0, 20.7, 0.7, 2.8 /  
&HOLE XB= 49.0, 50.2, 17.6, 18.1, 0.7, 2.8 / -- Hål till trappa --  
&OBST XB= 40.5, 67.3, 0.0, 21.0, 0.4, 0.7 / -- Golv för resten --  
&OBST XB= 40.5, 45.5, 7.2, 21.0, 2.8, 3.1 COLOR='INVISIBLE' / -- Tak neråt --  
&OBST XB= 45.2, 67.3, 17.7, 21.0, 2.8, 3.2 COLOR='INVISIBLE' / -- Tak korridor --  
&OBST XB= 41.3, 41.6, 16.0, 20.7, 0.7, 2.8 /  
&OBST XB= 38.2, 38.5, 0.0, 10.2, 0.7, 3.2 / -- Vägg i mitten av rummen --  
&OBST XB= 36.3, 38.2, 2.9, 3.2, 0.7, 3.2 / -- Vägg för passage --  
&OBST XB= 38.2, 41.2, 4.2, 4.5, 0.7, 3.2 / -- Vägg mellan omkl och skåprum --  
&OBST XB= 41.2, 41.5, 0.0, 10.2, 0.7, 3.2 / -- Vägg --  
&OBST XB= 40.5, 44.3, 10.2, 13.2, 0.7, 3.2 / -- Inerta området ovanför kapprummet --  
&OBST XB= 41.2, 44.0, 5.9, 6.2, 0.7, 3.2 / -- Värmecentralsvägg --  
&OBST XB= 44.0, 44.3, 0.0, 5.9, 0.7, 3.2 / -- Värmecentralsvägg 2 --  
&OBST XB= 36.3, 44.3, 0.0, 10.0, 2.9, 3.2, COLOR='INVISIBLE' / -- Tak --  
&HOLE XB= 36.2, 36.6, 1.9, 2.8, 0.7, 2.7 / -- Första dörren --  
&HOLE XB= 37.2, 38.1, 2.9, 3.2, 0.7, 2.7 / -- Andra dörren --  
&HOLE XB= 38.2, 38.5, 1.9, 2.8, 0.7, 2.7 / -- Tredje dörren --  
&HOLE XB= 38.2, 38.5, 7.6, 8.5, 0.7, 2.7 / -- Fjärde dörren --  
&HOLE XB= 41.2, 41.5, 9.2, 10.1, 0.7, 2.7 / -- Femte dörren --  
&HOLE XB= 39.0, 39.9, 4.2, 4.5, 0.7, 2.7 / -- Sjätte dörren --  
&HOLE XB= 44.0, 44.3, 9.2, 10.1, 0.7, 2.7 / -- Sjunde dörren --

-- Foajén --

&OBST XB=40.5, 48.2, 0.0, 0.3, 3.2, 6.4 /  
&OBST XB=40.2, 40.5, 0.0, 28.1, 3.2, 6.4 /  
&OBST XB=40.5, 48.2, 27.8, 28.1, 3.2, 6.4 /  
&OBST XB=48.2, 48.5, 17.7, 28.1, 3.2, 6.4 /  
&OBST XB=48.2, 48.5, 0.0, 14.5, 3.2, 6.4 /  
&OBST XB=40.5, 48.2, 0.0, 14.5, 3.2, 3.5, COLOR='INVISIBLE' / -- GOLV SÖDRA --

&HOLE XB=44.3, 45.2, 0.3, 3.8, 3.1, 3.5 /  
&OBST XB=40.5, 48.2, 17.7, 27.8, 3.2, 3.5, COLOR='INVISIBLE'/ -- GOLV NORRA --  
&OBST XB=40.5, 45.5, 14.5, 17.7, 3.2, 3.5, COLOR='INVISIBLE'/ --GOLV MITTEN --  
&OBST XB=48.2, 50.5, 14.2, 14.5, 3.2, 6.4 /  
&OBST XB=48.2, 50.5, 17.7, 18.0, 3.2, 6.4 /  
&OBST XB= 50.2, 50.5, 14.5, 18.0, 0.7, 6.4 / -- V ä g g å t h ö g e r f ö r t r a p p a --  
&OBST XB= 45.5, 50.2, 14.5, 14.8, 0.7, 2.8 / -- V ä g g n e r e f ö r t r a p p a n --  
&OBST XB= 40.2, 50.5, 0.0, 28.1, 6.1, 6.4, COLOR='INVISIBLE' /

--Termoträd vid branden, nära utgången--

&DEVC ID='T1', XYZ=40.025, 14.525, 1.825, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='T2', XYZ=40.025, 14.525, 2.025, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='T3', XYZ=40.025, 14.525, 2.225, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='T4', XYZ=40.025, 14.525, 2.425, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='T5', XYZ=40.025, 14.525, 2.625, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='T6', XYZ=40.025, 14.525, 2.825, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='T7', XYZ=40.025, 14.525, 3.025, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='TBBRAD1', XYZ=40.025, 14.525, 2.525, QUANTITY='TEMPERATURE' /

--Radiometer vid brand, nära utgång--

--DEVC ID='RAD1', XYZ=39.0, 13.0, 1.2, QUANTITY='RADIOMETER', IOR =-2--  
--DEVC ID='RAD2', XYZ=39.0, 13.0, 1.5, QUANTITY='RADIOMETER', IOR =-2--  
--DEVC ID='RAD3', XYZ=39.0, 13.0, 1.8, QUANTITY='RADIOMETER', IOR =-2--  
--DEVC ID='RAD4', XYZ=39.0, 13.0, 2.1, QUANTITY='RADIOMETER', IOR =-2--

--Termoträd smal gång bredvid bowlinbanorna--

&DEVC ID='T8', XYZ=6.1, 0.7, 1.1, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='T9', XYZ=6.1, 0.7, 1.3, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='T10', XYZ=6.1, 0.7, 1.5, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='T11', XYZ=6.1, 0.7, 1.7, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='T12', XYZ=6.1, 0.7, 1.9, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='T13', XYZ=6.1, 0.7, 2.1, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='T14', XYZ=6.1, 0.7, 2.3, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='TBBRAD2', XYZ=6.1, 0.7, 1.85, QUANTITY='TEMPERATURE' /

--Termoträd korridoren utanför vid trapporna--

&DEVC ID='T15', XYZ=49.65, 18.55, 1.85, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='T16', XYZ=49.65, 18.55, 2.05, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='T17', XYZ=49.65, 18.55, 2.25, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='T18', XYZ=49.65, 18.55, 2.45, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='T19', XYZ=49.65, 18.55, 2.65, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='TBBRAD3', XYZ=49.65, 18.55, 2.55, QUANTITY='TEMPERATURE' /

--Termoträd, utrymning bakom elden--

&DEVC ID='T20', XYZ=39.75, 9.85, 1.85, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='T21', XYZ=39.75, 9.85, 2.05, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='T22', XYZ=39.75, 9.85, 2.25, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='T23', XYZ=39.75, 9.85, 2.45, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='T24', XYZ=39.75, 9.85, 2.65, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='T25', XYZ=39.75, 9.85, 2.85, QUANTITY='TEMPERATURE' /

&DEVC ID='T26', XYZ=39.75, 9.85, 3.05, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='TBBRAD4', XYZ=39.75, 9.85, 2.55, QUANTITY='TEMPERATURE' /

--Termoträd, utrymning öppningen till bakom elden--

&DEVC ID='T27', XYZ=36.05, 2.35, 1.85, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='T28', XYZ=36.05, 2.35, 2.05, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='T29', XYZ=36.05, 2.35, 2.25, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='T30', XYZ=36.05, 2.35, 2.45, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='T31', XYZ=36.05, 2.35, 2.65, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='T32', XYZ=36.05, 2.35, 2.85, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='T33', XYZ=36.05, 2.35, 3.05, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='TBBRAD5', XYZ=36.05, 2.35, 2.55, QUANTITY='TEMPERATURE' /

--Termoträd, trappuggång till andra våningen--

&DEVC ID='T21', XYZ=44.5, 3.05, 1.85, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='T22', XYZ=44.5, 3.05, 2.05, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='T23', XYZ=44.5, 3.05, 2.25, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='T24', XYZ=44.5, 3.05, 2.45, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='T25', XYZ=44.5, 3.05, 2.65, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='T26', XYZ=44.5, 3.05, 2.85, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='T27', XYZ=44.5, 3.05, 3.05, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='T28', XYZ=44.5, 3.05, 3.25, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='T29', XYZ=44.5, 3.05, 3.65, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='T29', XYZ=44.5, 3.05, 4.05, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='T29', XYZ=44.5, 3.05, 4.45, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='T29', XYZ=44.5, 3.05, 4.85, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='T29', XYZ=44.5, 3.05, 5.45, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='T29', XYZ=44.5, 3.05, 6.05, QUANTITY='TEMPERATURE' /

&BNDF QUANTITY='WALL TEMPERATURE' /

&BNDF QUANTITY='RADIOMETER' /

--Slicefiles--

&SLCF PBZ=1.1, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&SLCF PBZ=1.6, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&SLCF PBZ=1.8, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&SLCF PBZ=2.3, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&SLCF PBZ=2.5, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&SLCF PBZ=1.1, QUANTITY='carbon monoxide' /  
&SLCF PBZ=1.6, QUANTITY='carbon monoxide' /  
&SLCF PBZ=1.8, QUANTITY='carbon monoxide' /  
&SLCF PBZ=2.3, QUANTITY='carbon monoxide' /  
&SLCF PBZ=2.5, QUANTITY='carbon monoxide' /  
&SLCF PBZ=1.1, QUANTITY='carbon dioxide' /  
&SLCF PBZ=1.6, QUANTITY='carbon dioxide' /  
&SLCF PBZ=1.8, QUANTITY='carbon dioxide' /  
&SLCF PBZ=2.3, QUANTITY='carbon dioxide' /  
&SLCF PBZ=2.5, QUANTITY='carbon dioxide' /  
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', VECTOR=.TRUE., PBZ=1.1 /  
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', VECTOR=.TRUE., PBZ=1.6 /

&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', VECTOR=.TRUE., PBZ=1.8/  
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', VECTOR=.TRUE., PBZ=2.3/  
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', VECTOR=.TRUE., PBZ=2.5/

--Sikt dörr ut vid brand--

&DEVC XB=40.0,30.0,14.5,14.5,2.4,2.4, QUANTITY='PATH OBSCURATION',  
ID='beam1', SETPOINT=0.0 /  
&DEVC XB=40.0, 33.0, 14.5, 7.0,2.4,2.4, QUANTITY='PATH OBSCURATION',  
ID='beam2', SETPOINT=0.0 /

--Sikt gång till bakre utrymning smal gång bredvid bowlingbanan--

&DEVC XB=6.0,16.0,0.6,0.6,1.7,1.7, QUANTITY='PATH OBSCURATION', ID='beam3',  
SETPOINT=0.0 /  
&DEVC XB=6.0,13.0,0.6,7.7,1.7,1.7, QUANTITY='PATH OBSCURATION', ID='beam4',  
SETPOINT=0.0 /

--Sikt gång till bakre utrymning--

&DEVC XB=36.0, 26.0, 2.35, 2.35, 2.4, 2.4, QUANTITY='PATH OBSCURATION',  
ID='beam5', SETPOINT=0.0 /

--Sikt i korridor--

&DEVC XB=42.0,52.0,19.0,19.0,1.7,1.7, QUANTITY='PATH OBSCURATION',  
ID='beam6', SETPOINT=0.0 /

&REAC FUEL = 'WOOD',  
FYI = 'Wood, C\_6 H\_10 O\_5',  
C = 6.0,  
H = 10.0,  
O = 5.0,  
N=0.0,  
SOOT\_YIELD = 0.015,  
CO\_YIELD = 0.005,  
HEAT\_OF\_COMBUSTION = 12000.0,  
IDEAL=.FALSE. /

&SURF ID='BURNER', HRRPUA=480., RAMP\_Q='Inferno', COLOR='RED' /  
&RAMP ID='Inferno', T=0, F=0 /  
&RAMP ID='Inferno', T=50, F=0.0125 /  
&RAMP ID='Inferno', T=100, F=0.05 /  
&RAMP ID='Inferno', T=150, F=0.1125 /  
&RAMP ID='Inferno', T=200, F=0.2 /  
&RAMP ID='Inferno', T=250, F=0.3125 /  
&RAMP ID='Inferno', T=300, F=0.45 /  
&RAMP ID='Inferno', T=350, F=0.6125 /  
&RAMP ID='Inferno', T=400, F=0.8 /  
&RAMP ID='Inferno', T=447, F=1 /  
&RAMP ID='Inferno', T=1110, F=1 /  
&RAMP ID='Inferno', T=1140, F=0.625 /  
&RAMP ID='Inferno', T=1190, F=0.42 /



&RAMP ID='Inferno', T=1220, F=0 /  
&OBST XB= 39.0, 40.0, 10.7, 11.7, 0.7, 1.7, SURF\_IDS= 'BURNER', 'BURNER', 'INERT' /  
&TAIL/

Brand i lilla idrottshallen

&HEAD CHID='pyrolillahallen'/

&TIME T\_END=400.0/

&DUMP RENDER\_FILE='pyrolillahallen.ge1', DT\_DEVC=1.0/

&MESH ID='MESH1', IJK=40,30,24, XB=3.0,7.0,10.0,13.0,0.0,2.4/

&MESH ID='MESH2', IJK=50,50,50, XB=11.0,16.0,0.0,5.0,0.0,5.0/

&MESH ID='MESH3', IJK=50,80,50, XB=11.0,16.0,5.0,13.0,0.0,5.0/

&MESH ID='MESH4', IJK=30,50,50, XB=0.0,3.0,0.0,5.0,0.0,5.0/

&MESH ID='MESH5', IJK=30,50,50, XB=0.0,3.0,5.0,10.0,0.0,5.0/

&MESH ID='MESH6', IJK=80,50,50, XB=3.0,11.0,0.0,5.0,0.0,5.0/

&MESH ID='MESH7', IJK=80,50,50, XB=3.0,11.0,5.0,10.0,0.0,5.0/

&MESH ID='MESH8', IJK=30,32,30, XB=0.0,3.0,10.0,13.2,0.0,3.0/

&MESH ID='MESH9', IJK=40,144,15, XB=-8.0,0.0,0.0,28.8,0.0,3.0/

&MESH ID='MESH10', IJK=40,30,24, XB=7.0,11.0,10.0,13.0,0.0,2.4/

&MESH ID='MESH11', IJK=70,50,50, XB=16.0,23.0,8.0,13.0,0.0,5.0/

&REAC ID='Reaction1',

FYI='Wood, C\_6 H\_10 O\_5',

FUEL='REAC\_FUEL',

FORMULA='C6H10O5',

CO\_YIELD=0.014,

SOOT\_YIELD=0.015,

HEAT\_OF\_COMBUSTION=1.2E4/

--Termoelement vid den högra nödutgången--

&DEVC ID='T1', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=15.25,9.55,1.15/

&DEVC ID='T2', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=15.25,9.55,1.35/

&DEVC ID='T3', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=15.25,9.55,1.55/

&DEVC ID='T4', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=15.25,9.55,1.75/

&DEVC ID='T5', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=15.25,9.55,1.95/

&DEVC ID='T6', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=15.25,9.55,2.45/

&DEVC ID='T7', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=15.25,9.55,2.95/

&DEVC ID='T8', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=15.25,9.55,3.45/

&DEVC ID='T9', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=15.25,9.55,3.95/

&DEVC ID='T10', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=15.25,9.55,4.45/

&DEVC ID='T11', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=15.25,9.55,4.95/

&DEVC ID='TBBRAD1', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=15.25,9.55,2.05/

--Termoelement nära branden--

&DEVC ID='T12', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=7.55,9.55,1.15/

&DEVC ID='T13', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=7.55,9.55,1.35/

&DEVC ID='T14', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=7.55,9.55,1.55/

&DEVC ID='T15', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=7.55,9.55,1.75/

&DEVC ID='T16', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=7.55,9.55,1.95/

&DEVC ID='T17', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=7.55,9.55,2.45/

&DEVC ID='T18', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=7.55,9.55,2.95/

&DEVC ID='T19', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=7.55,9.55,3.45/

&DEVC ID='T20', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=7.55,9.55,3.95/

&DEVC ID='T21', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=7.55,9.55,4.45/  
&DEVC ID='T22', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=7.55,9.55,4.95/  
&DEVC ID='TBBRAD2', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=7.55,9.55,2.05/

--Termoelement vid den vänstra nödutgången--

&DEVC ID='T23', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.05,9.55,1.15/  
&DEVC ID='T24', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.05,9.55,1.35/  
&DEVC ID='T25', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.05,9.55,1.55/  
&DEVC ID='T26', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.05,9.55,1.75/  
&DEVC ID='T27', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.05,9.55,1.95/  
&DEVC ID='T28', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.05,9.55,2.45/  
&DEVC ID='T29', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.05,9.55,2.95/  
&DEVC ID='T30', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.05,9.55,3.45/  
&DEVC ID='T31', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.05,9.55,3.95/  
&DEVC ID='T32', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.05,9.55,4.45/  
&DEVC ID='T33', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.05,9.55,4.95/  
&DEVC ID='TBBRAD3', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.05,9.55,2.05/

--Termoelement vid foajén--

&DEVC ID='T34', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=-4.05,15.05,0.55/  
&DEVC ID='T35', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=-4.05,15.05,1.05/  
&DEVC ID='T36', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=-4.05,15.05,1.35/  
&DEVC ID='T37', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=-4.05,15.05,1.65/  
&DEVC ID='T38', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=-4.05,15.05,1.95/  
&DEVC ID='T39', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=-4.05,15.05,2.25/  
&DEVC ID='T40', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=-4.05,15.05,2.55/  
&DEVC ID='T41', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=-4.05,15.05,2.85/  
&DEVC ID='TBBRAD4', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=-4.05,15.05,1.85/

&DEVC ID='beam1', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=-2.0,-2.0,0.1,10.1,1.8,1.8,  
SETPOINT=0.0/  
&DEVC ID='beam2', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=2.0,9.0,3.0,10.0,1.8,1.8,  
SETPOINT=0.0/  
&DEVC ID='beam3', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=2.0,2.0,0.0,10.0,1.8,1.8,  
SETPOINT=0.0/  
&DEVC ID='beam4', QUANTITY='PATH OBSCURATION',  
XB=15.3,15.3,0.0,10.0,1.8,1.8, SETPOINT=0.0/  
&DEVC ID='beam5', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=8.3,15.3,3.0,10.0,1.8,1.8,  
SETPOINT=0.0/

&MATL ID='CONCRETE',  
SPECIFIC\_HEAT=0.88,  
CONDUCTIVITY=1.1,  
DENSITY=2300.0/

&SURF ID='WALLS',  
DEFAULT=.TRUE.,  
MATL\_ID(1,1)='CONCRETE',  
MATL\_MASS\_FRACTION(1,1)=1.0,  
THICKNESS(1)=0.3/

```

&SURF ID='BURNER',
  COLOR='RED',
  HRRPUA=740.0,
  RAMP_Q='BURNER_RAMP_Q'/
&RAMP ID='BURNER_RAMP_Q', T=0.0, F=0.0/
&RAMP ID='BURNER_RAMP_Q', T=50.0, F=0.032/
&RAMP ID='BURNER_RAMP_Q', T=100.0, F=0.127/
&RAMP ID='BURNER_RAMP_Q', T=150.0, F=0.286/
&RAMP ID='BURNER_RAMP_Q', T=200.0, F=0.508/
&RAMP ID='BURNER_RAMP_Q', T=281.0, F=1.0/
&RAMP ID='BURNER_RAMP_Q', T=680.0, F=1.0/
&RAMP ID='BURNER_RAMP_Q', T=710.0, F=0.54/
&RAMP ID='BURNER_RAMP_Q', T=740.0, F=0.27/
&RAMP ID='BURNER_RAMP_Q', T=770.0, F=0.0/

&OBST XB=0.0,16.0,0.0,0.0,0.0,5.0, SURF_ID='WALLS'/ -- Nedre väggen --
&OBST XB=0.0,16.0,10.0,10.0,0.0,5.0, SURF_ID='WALLS'/ -- Övre väggen --
&OBST XB=-0.2,0.0,0.0,10.0,0.0,5.0, SURF_ID='WALLS'/ -- Högra väggen --
&OBST XB=16.0,16.0,0.0,10.0,0.0,5.0, SURF_ID='WALLS'/ -- Vänstra väggen --
&OBST XB=0.0,16.0,0.0,13.0,0.0,0.0, SURF_ID='WALLS'/ -- Golvet --
&OBST XB=0.0,16.0,0.0,10.0,5.0,5.0, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='WALLS'/ -- Tak -
-
&OBST XB=-7.8,0.0,0.0,28.7,2.9,2.9, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='WALLS'/ -- Tak -
-
&OBST XB=11.0,11.0,10.0,13.0,0.0,2.4, SURF_ID='WALLS'/ -- Uteredskap dessa 3 --
&OBST XB=0.0,16.0,13.0,13.0,0.0,2.4, SURF_ID='WALLS'/ Obstruction #1
&OBST XB=16.0,16.0,10.0,13.0,0.0,2.4, SURF_ID='WALLS'/ Obstruction #2
&OBST XB=3.0,3.0,10.0,13.0,0.0,2.4, SURF_ID='WALLS'/ -- Väggerino mot foajé också --
&OBST XB=3.0,16.0,10.0,13.0,2.4,2.4, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='WALLS'/ -- Tak
för förråd --
&OBST XB=0.0,3.0,10.0,13.2,0.0,0.0, SURF_ID='WALLS'/ -- Golv mot trappa --
&OBST XB=0.0,3.0,10.0,13.2,2.9,2.9, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='WALLS'/ -- Tak
mot trappa --
&OBST XB=3.0,3.0,10.0,13.2,2.4,2.9, SURF_ID='WALLS'/ -- Grej som fixar taket --
&OBST XB=-7.8,0.0,0.0,0.0,0.0,2.9, SURF_ID='WALLS'/ -- Nedre vägg foajé --
&OBST XB=-7.8,-7.8,0.0,28.7,0.0,2.9, SURF_ID='WALLS'/ -- Vänster vägg foajé --
&OBST XB=-7.8,0.0,28.7,28.7,0.0,2.9, SURF_ID='WALLS'/ -- Övre vägg --
&OBST XB=-0.2,0.0,13.2,28.7,0.0,2.9, SURF_ID='WALLS'/ -- Högre vägg --
&OBST XB=-7.8,0.0,0.0,28.7,0.0,0.0, SURF_ID='WALLS'/ -- Golv --
&OBST XB=3.5,4.5,11.0,12.0,0.0,1.0, SURF_IDS='BURNER','BURNER','INERT'/
Obstruction #3

&HOLE XB=4.0,11.01,9.9,10.1,-0.01,2.41/ -- Hål till grej redskapbod--
&HOLE XB=14.7,15.7,9.9,10.1,-0.01,2.4/ -- Hål till uteförrådet --
&HOLE XB=1.5,2.4,9.9,10.1,-0.01,2.4/ -- Hål till foaje --
&HOLE XB=15.9,16.1,10.2,11.1,-0.01,2.1/ Hole #1

&VENT SURF_ID='OPEN', XB=23.0,23.0,8.0,13.0,0.0,5.0/ Mesh Vent: MESH11 [XMAX]

```

&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=16.0,23.0,13.0,13.0,0.0,5.0/ Mesh Vent: MESH11  
[YMAX]  
&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=16.0,23.0,8.0,8.0,0.0,5.0/ Mesh Vent: MESH11 [YMIN]  
&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=16.0,23.0,8.0,13.0,5.0,5.0/ Mesh Vent: MESH11 [ZMAX]

&SLCF PBZ=1.8000000E000, QUANTITY='carbon monoxide'/  
&SLCF PBZ=1.6000000E000, QUANTITY='carbon dioxide'/  
&SLCF PBZ=1.8000000E000, QUANTITY='carbon dioxide'/  
&SLCF PBZ=1.1000000E000, QUANTITY='carbon dioxide'/  
&SLCF PBZ=1.6000000E000, QUANTITY='carbon monoxide'/  
&SLCF PBZ=1.1000000E000, QUANTITY='carbon monoxide'/

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBZ=1.1/  
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBZ=1.6/  
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBZ=1.8/  
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', VECTOR=.TRUE., PBZ=1.1/  
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', VECTOR=.TRUE., PBZ=1.6/  
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', VECTOR=.TRUE., PBZ=1.8/

&TAIL /