

# Brandteknisk riskvärdering av Pilängshallen



**LUNDS UNIVERSITET**  
Lunds Tekniska Högskola

ALBIN BERGSTEDT  
MAX JOHANSSON  
ERIK MATTSSON  
ANTON SVENNINGSSON

HANDLEDARE:  
MARCUS RUNEFORS

2016-05-31



# Brandteknisk riskvärdering av Pilängshallen

Albin Bergstedt  
Max Johansson  
Erik Mattsson  
Anton Svenningsson

Lund 2016

## **ANSVARFRISKRIVNING**

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.

**Avdelning för Brandteknik**  
Lunds Tekniska Högskola  
Box 118  
221 00 Lund  
Telefon: 046-222 73 60  
Fax: +46 46 222 46 12  
E-post: [brand@brand.lth.se](mailto:brand@brand.lth.se)  
[www.brand.lth.se](http://www.brand.lth.se)

**Department of Fire Safety Engineering**  
Lund University Lund University  
Box 118  
S-221 00 Lund, Sweden  
Telephone: +46 46 222 73 60  
Fax: +46 46 222 46 12  
E-mail: [brand@brand.lth.se](mailto:brand@brand.lth.se)  
[www.brand.lth.se](http://www.brand.lth.se)

**Titel**

Brandteknisk riskvärdering av Pilängshallen

**Title**

Fire safety evaluation of Pilängshallen

**Författare/Authors:**

Albin Bergstedt  
Max Johansson  
Erik Mattsson  
Anton Svenningsson

**Rapport nr/Report nr:**

9489

**Antal sidor/Number of pages**

89

**Bilder och illustrationer/Pictures and illustrations**

65

**Handledare/Supervisor:**

Marcus Runefors

**Nyckelord**

Pilängsbadet, Pilängshallen, Lomma, brandteknisk riskvärdering, BTR, idrottshall, simhall, FDS, Pathfinder, Pyrosim, utrymning, personsäkerhet, brandscenario

**Keywords**

Pilängsbadet, Pilängshallen, Lomma, fire safety evaluation, BTR, sport arena, indoor swimming pool, FDS, Pathfinder, Pyrosim, evacuation, person safety, fire scenario

**Språk/Language:**

Svenska/Swedish

## **Abstract**

The purpose of this report is to evaluate and assess the fire safety at the sports center Pilångshallen located in Lomma. The report is only focused on personal safety and no consideration has been taken concerning economic or environmental damage.

Pilångshallen is used on a daily basis for several different sport and workout activities by both local sport clubs and the public, as well as by schools for PE classes. The highest number of visitors occurs during swimming and basketball competitions.

A number of possible fire scenarios was considered and the three thought to be the worst credible scenarios were analyzed in depth. The aim of the analysis was to estimate whether safe evacuation from the building was possible before critical conditions arose and the safety of people inside became jeopardized. The analysis was performed with analytical calculations as well as computer software and assumptions based in available literature.

The main conclusion of the report is that in case of fire, people within the facility will be able to evacuate before critical conditions are present. Proper training of staff and regular maintenance of fire equipment such as automatic fire doors and fire extinguishers should be performed on regular basis to further ensure the safety of people at the facility.

## Sammanfattning

Denna rapport görs som huvudsakliga del i kursen Brandteknisk riskvärdering vid LTH, Lund. Studenterna ska skriva en brandteknisk riskvärdering där personsäkerheten på objektet, Pilängshallen i Lomma, ligger till grund. Objektet är en idrottsanläggning med simhall, idrottshall och gym. Antalet personer i byggnaden varierar, simhallen kan, enligt uppgift, vid tävling vara fylld med 300 personer samtidigt som sporthallen vid basketmatch kan ha över 400 personer. Riskidentifieringens underlag är information från platsbesök, brand- och utrymningssimuleringar, handberäkningar samt kvalitativa resonemang. Utifrån rapportens underlag har författarna kommit fram till att personsäkerheten i byggnaden anses vara god.

Efter analys av statistik och brandscenarier kom författarna fram till tre scenarier som skulle undersökas vidare. De scenarier som valdes för vidare analys var:

- Brand i reception
- Brand i redskapsutrymme
- Brand i bastu

Dessa analyserades med simuleringssystemen FDS och Pathfinder men även handberäkningar och kvalitativa resonemang användes för att säkerställa personsäkerheten. Resultaten från simuleringar jämfördes sedan med mätvärden för kritiska förhållande enligt BBRAD. Enligt simuleringar hinner personer utrymma byggnaden innan kritiska förhållanden uppnås, trots detta förslår författarna vissa åtgärder. Vid besök på objektet noterades vissa delar i det befintliga brandskyddet som kan förbättras:

- Information gällande rutiner vid utrymningslarm *bör* ses över samt distribueras till samtliga personer som utnyttjar lokalerna, särskilt personer i ansvarsroller
- Utrymningsvägar *ska* alltid hållas fria för utrymning
- De utrymningsskyltar som finns i lokalen *bör* gås igenom för att se till att de stämmer överens med gällande brandritning, endast en skylt per utrymningsväg rekommenderas
- Brandritningarna över lokalen *bör* uppdateras så att de stämmer överens med det befintliga brandskyddet
- De dörrar i byggnaden som är uppsatta med dörrmagnet *ska* regelbundet testas för att undvika att så kallade ”permanentmagneter” bildas
- Brandsläckare *ska* kontrolleras gällande funktion och tillgänglighet, släckutrustning som ej är funktionell *bör* avlägsnas
- Skylt gällande personantal i sporthallen *bör* uppdateras med korrekt antal personer
- Detektor i bastu *bör* placeras i taket
- Nödbelysning i utrymningsvägar *ska* kompletteras

## **Förord**

Författarna skulle vilja tacka följande personer för deras vägledning och hjälp vid framtagandet av denna rapport. Dessa har verkligen varit till stor nytta och haft stor betydelse för oss under arbetets gång.

Tack till följande personer:

**Marcus Runefors** – Universitetsadjunkt vid Avdelningen för Brandteknik vid Lunds Tekniska Högskola. För mycket bra handledning, råd, stöd och support under hela arbetsprocessen.

**Fredrik Nilsson** – Driftenheten, Lomma kommun, för rundvandring samt mottagande på platsbesök.

**Nils Persson** – Brandinspektör/Yttre befäl på räddningstjänsten i Lomma-Staffanstorp. För rundvandring samt mottagande på platsbesök.

**Jonathan Wahlqvist** – Doktorand vid Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering, för god vägledning med FDS-simuleringar.

**Bjarne Husted** – Universitetslektor vid Avdelningen för Brandteknik, för hjälpen och tillgången till utökad datorkapacitet.

**Enrico Ronchi** – Biträdande universitetslektor vid Avdelningen för Brandteknik, för god vägledning med Pathfinder-simuleringar.

## Nomenklatur

| Beteckning      | Förklaring  | Enhet                                |
|-----------------|---|--------------------------------------|
| $A$             | Brandens area   | [m <sup>2</sup> ]                    |
| $A_0$           | Totala arean av öppningar                                 | [m <sup>2</sup> ]                    |
| $A_t$           | Omslutningsarea   | [m <sup>2</sup> ]                    |
| $c_p$           | Specifik värmekapacitet för omgivande luft                | [kJ/kg·K]                            |
| $D$             | Brandens diameter   | [m]                                  |
| $D^*$           | Karakteristisk diameter av branden                        | [-]                                  |
| $g$             | Gravitationskonstanten                                    | [m/s <sup>2</sup> ]                  |
| $H_0$           | Totala höjden av öppningar                                | [m]                                  |
| <b>HRRPUA</b>   | Heat release rate per unit area                           | [kW/m <sup>2</sup> ]                 |
| $\dot{q}''$     | Infallande strålning per ytenhet                          | [kW/m <sup>2</sup> ]                 |
| $\dot{Q}$       | Brandeffekten   | [W]                                  |
| $\dot{Q}_{FO}$  | Effekt då övertändning sker                               | [kW]                                 |
| $\dot{Q}_{max}$ | Maximal brandeffekt                                       | [kW]                                 |
| $t$             | Tiden   | [s]                                  |
| $T$             | Flamtemperatur  | [K]                                  |
| $T_\infty$      | Temperaturen för omgivande luft                           | [K]                                  |
| $v$             | Personens gånghastighet                                   | [m/s]                                |
| $\alpha$        | Tillväxtkoefficienten                                     | [kW/s <sup>2</sup> ]                 |
| $\varepsilon$   | Emissivitet   | [-]                                  |
| $\rho_\infty$   | Densitet för omgivande luft                               | [kg/m <sup>3</sup> ]                 |
| $\sigma$        | Stefan Boltzmanns konstant $5,67 \cdot 10^{-8}$           | [W/m <sup>2</sup> · K <sup>4</sup> ] |
| $\emptyset$     | Synfaktor   | [-]                                  |
| $\dot{Q}^*$     | Ekvivalent brandeffekt                                    | [-]                                  |
| $\delta x$      | Utgör den största sidan på kontrollvolym runt brandkällan | [m]                                  |



## **Förkortningar**

|              |   |
|--------------|---|
| <b>BBR</b>   | Boverkets byggregler  |
| <b>BBRAD</b> | Boverkets allmänna råd om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd |
| <b>BIV</b>   | Föreningen för brandteknisk ingenjörsvetenskap                              |
| <b>CAD</b>   | Computer-Aided Design   |
| <b>CFD</b>   | Computational fluid dynamics  |
| <b>FDS</b>   | Fire Dynamics Simulator   |
| <b>MSB</b>   | Myndigheten för samhällsskydd och beredskap                                 |
| <b>NIST</b>  | National Institute of Standards and Technology                              |

## Innehållsförteckning

|       |                                     |    |
|-------|-------------------------------------|----|
| 1     | Inledning .....                     | 1  |
| 1.1   | Bakgrund .....                      | 1  |
| 1.2   | Syfte.....                          | 1  |
| 1.3   | Mål.....                            | 1  |
| 1.4   | Avgränsningar .....                 | 1  |
| 1.5   | Metod.....                          | 1  |
| 2     | Objektbeskrivning.....              | 3  |
| 2.1   | Verksamhet.....                     | 3  |
| 2.2   | Lokalbeskrivning .....              | 3  |
| 2.2.1 | Simhall .....                       | 3  |
| 2.2.2 | Omklädningsrum och bastu.....       | 4  |
| 2.2.3 | Sporthall .....                     | 5  |
| 2.2.4 | Gym och gruppträningslokal .....    | 5  |
| 3     | Befintligt brandskydd.....          | 6  |
| 3.1   | Brandceller.....                    | 6  |
| 3.2   | Brandlarmsystem .....               | 6  |
| 3.3   | Detektion .....                     | 6  |
| 3.3.1 | Sporthallen .....                   | 6  |
| 3.3.2 | Simhallen.....                      | 6  |
| 3.4   | Utrymningsvägar .....               | 6  |
| 3.5   | Ventilation .....                   | 8  |
| 3.6   | Systematiskt brandskyddsarbete..... | 8  |
| 3.7   | Räddningstjänst .....               | 8  |
| 4     | Simuleringsprogram.....             | 10 |
| 4.1   | FDS.....                            | 10 |
| 4.2   | Pathfinder.....                     | 10 |
| 5     | Utrymning .....                     | 12 |
| 5.1   | Utrymningskrav .....                | 12 |
| 5.2   | Utrymningstid .....                 | 12 |
| 5.3   | Varseblivningstid.....              | 13 |
| 5.4   | Förberedelsetid .....               | 13 |
| 5.5   | Förflyttningstid .....              | 13 |
| 6     | Riskidentifiering .....             | 14 |
| 6.1   | Statistik .....                     | 14 |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 6.2   | Brandscenarier .....                                  | 16 |
| 6.2.1 | Scenario 1 – Brand i bastu.....                       | 16 |
| 6.2.2 | Scenario 2 – Brand i omklädningsrum .....             | 16 |
| 6.2.3 | Scenario 3 – Brand i redskapsutrymme.....             | 17 |
| 6.2.4 | Scenario 4 – Brand på läktaren .....                  | 17 |
| 6.2.5 | Scenario 5 – Brand i reception .....                  | 17 |
| 6.2.6 | Scenario 6 – Brand i gym.....                         | 18 |
| 6.2.7 | Scenario 7 – Brand i tvättmaskin i källarutrymme..... | 18 |
| 6.2.8 | Scenario 8 – Elcentral .....                          | 18 |
| 6.3   | Riskmatris .....                                      | 19 |
| 7     | Analys av valda brandscenarier .....                  | 20 |
| 7.1   | Scenario 5 – Brand i reception .....                  | 20 |
| 7.1.1 | Beskrivning .....                                     | 20 |
| 7.1.2 | Effektutveckling .....                                | 21 |
| 7.1.3 | Utrymning .....                                       | 22 |
| 7.1.4 | FDS.....  | 23 |
| 7.1.5 | Resultat.....   | 25 |
| 7.1.6 | Diskussion och slutsats.....                          | 25 |
| 7.2   | Scenario 3 – Brand i redskapsutrymme .....            | 26 |
| 7.2.1 | Beskrivning .....                                     | 26 |
| 7.2.2 | Effektutveckling .....                                | 26 |
| 7.2.3 | Utrymning .....                                       | 27 |
| 7.2.4 | FDS.....  | 29 |
| 7.2.5 | Resultat.....   | 31 |
| 7.2.6 | Diskussion och slutsats.....                          | 31 |
| 7.3   | Scenario 1 – Brand i bastu .....                      | 31 |
| 7.3.1 | Beskrivning .....                                     | 31 |
| 7.3.2 | Effektutveckling .....                                | 31 |
| 7.3.3 | Utrymning .....                                       | 32 |
| 7.3.4 | Diskussion och slutsats.....                          | 33 |
| 8     | Känslighetsanalys .....                               | 34 |
| 8.1   | FDS.....  | 34 |
| 8.2   | Pathfinder.....                                       | 35 |
| 8.2.1 | Simhall .....   | 35 |
| 8.2.2 | Sporthall .....                                       | 36 |

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 9   | Diskussion.....  | 38 |
| 9.1 | FDS och branden .....                                  | 38 |
| 9.2 | Utrymningssimuleringar .....                           | 39 |
| 9.3 | Geometri .....   | 40 |
| 9.4 | Avslutande diskussion .....                            | 41 |
| 10  | Åtgärdsförslag .....                                   | 43 |
| 11  | Slutsats .....   | 44 |
| 12  | Referenser.....  | 45 |
|     | Bilaga A – Detektorplacering samt brandritningar ..... | 46 |
|     | Bilaga B – Effektkurva Reception .....                 | 51 |
|     | Bilaga C - Effektkurva Redskapsutrymme.....            | 53 |
|     | Bilaga D - Effektkurva Bastu .....                     | 55 |
|     | Bilaga E - Valideringar av FDS .....                   | 56 |
|     | Bilaga F - Utrymningssimuleringar.....                 | 58 |
|     | Bilaga G – Jämförelse av geometri .....                | 66 |
|     | Bilaga H – Resultat från simuleringar .....            | 68 |
|     | Bilaga I – Övriga bilder på byggnaden .....            | 74 |
|     | Bilaga J – Placering utav brand.....                   | 76 |

# 1 Inledning

I detta kapitel presenteras bakgrund, mål och syfte med rapporten. Tillvägagångssättet för rapporten presenteras samt de avgränsningar som tas hänsyn till.

## 1.1 Bakgrund

Rapporten är den huvudsakliga uppgiften i kursen Brandteknisk riskvärdering, VBR054, som ges av avdelningen för Brandteknik på Lunds Tekniska Högskola. Kursen motsvarar 15 högskolepoäng och ges till brandingenjörstudenter i årskurs 3.

Varje projektgrupp tilldelas ett objekt, objektet ska inventeras och granskas och tillslut mynna ut i en brandteknisk riskvärdering.

## 1.2 Syfte

Syftet med rapporten är att granska, analysera och utvärdera det befintliga brandskyddet på Pilängshallen i Lomma.

## 1.3 Mål

Rapportens mål är att utvärdera personsäkerheten samt möjligheten för utrymning i Pilängshallen och ge eventuella åtgärdsförslag.

## 1.4 Avgränsningar

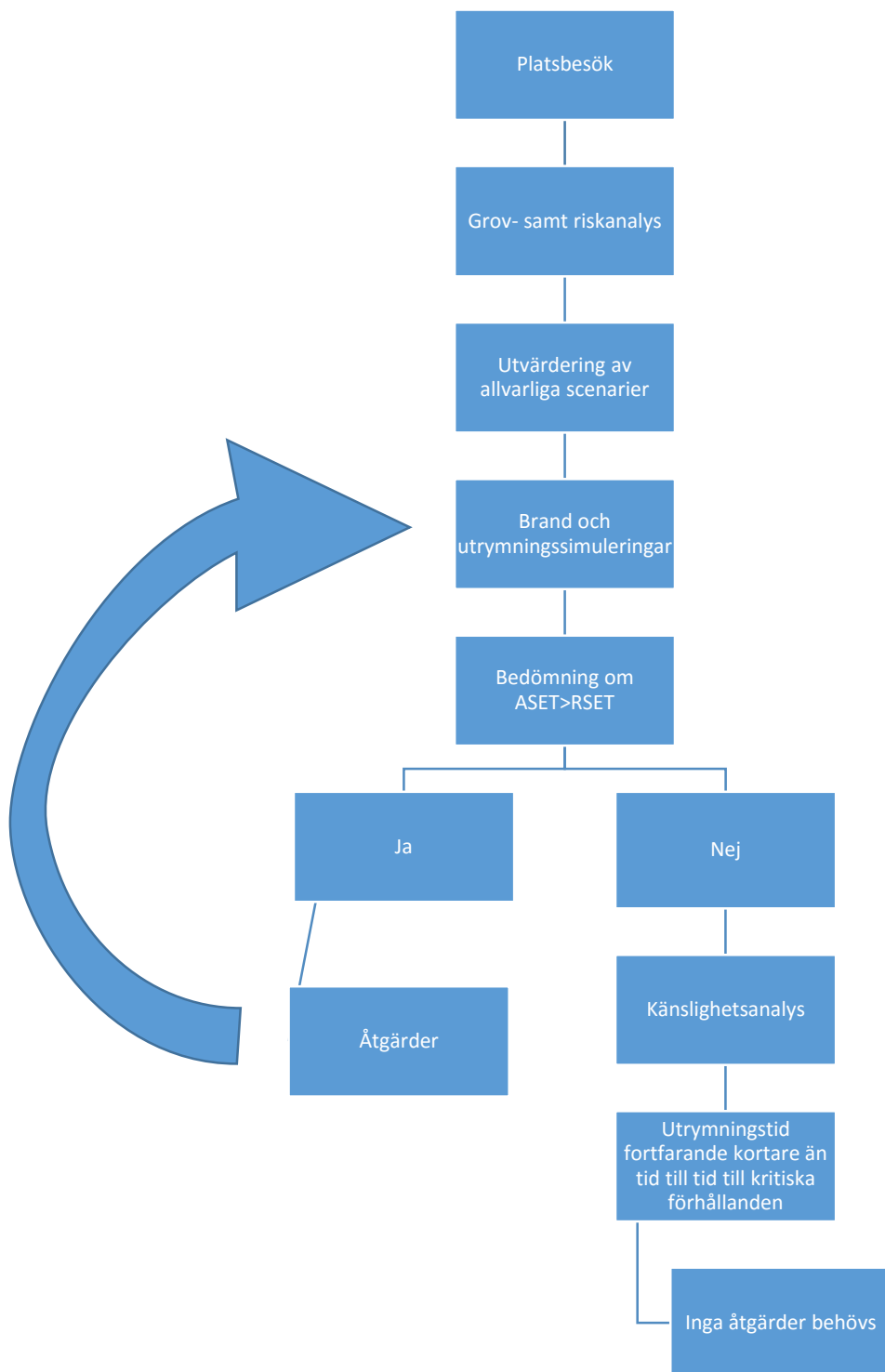
Denna rapport tar enbart personsäkerhet i beaktning. Skador på byggnaden och andra ekonomiska eller miljömässiga skador beaktas inte i denna rapport.

## 1.5 Metod

Arbetet bakom denna rapport inleddes med att ritningar över objektet studerades. Detta för att få en överblick över objektet och i ett tidigt skede kunna identifiera eventuella problemområden och riskfaktorer innan objektsbesöket. En rundvandring i anläggning skedde senare med i sällskap av Fredrik Nilsson, Lomma kommun, och Nils Persson, Räddningstjänsten Lomma-Staffanstorp, för noggrannare kontroll av byggnadens utformning, verksamhet, befintliga brandskydd med mera. De föreningar som bedriver verksamhet i lokalerna kontaktades också för information om besökarantal vid tävlingar och dylikt. Även vilka instruktioner de fått rörande eventuell brand efterfrågades. Utifrån insamlad information togs ett antal tänkbara brandscenarion fram. Efter en grovanalys samlades dessa sedermera i en riskmatris och utifrån den valdes de brandscenarion som analyseras noggrannare ut.

De brandscenarion som valdes ut analyserades och utvärderades utifrån tillgänglig litteratur, simuleringsprogram, handberäkningar och antaganden. Om fara uppstod för personer i lokalen användes åtgärdsförslag för att säkerställa deras säkerhet. Känslighetsanalyser utfördes för att säkerställa giltigheten i resultaten av simuleringar och beräkningar.

En förenklad illustration av arbetsprocessen finns nedan i figur 1.



Figur 1 Illustration av arbetsgång

## 2 Objektbeskrivning

Pilängshallen byggdes år 1970 och ligger i Lomma. Anläggningen ägs utav Lomma kommun medan Medley AB driver simhallsverksamhet och gym.

### 2.1 Verksamhet

På anläggningen är flera organisationer verksamma. Skolorna i anslutning till hallen bedriver idrottsundervisning i sporthallen på dagtid. På kvällar samt helger är framförallt basketklubben Lobas Basket verksamma med träningar och matcher för framförallt ungdomar men även dam och herrlag högt upp i seriesystemet. Under sporthallen, på nedervåningen, finns ett gym med tillhörande liten gruppträningslokal. Flera omklädningsrum finns också i sporthallen då lag som tränar fotboll utnyttjar lokalerna för ombyte.

Enligt uppgift vid besök sker det inga övernattningar i sporthallen, något som styrks av basketklubben vid kontakt (Frieburghaus, 2016).

I simhallen bedriver Medley AB simskola och den dagliga driften av badet, vilket bland annat inkluderar reception med kioskverksamhet. Till simhallen kommer även barn från kommunens skolor för simundervisning. På kvällar och helger bedriver simklubben SK Hajen träning och tävlingsverksamhet.

Enligt nuvarande lagstiftning skulle Pilängshallen räknas som verksamhetsklass 2B då det är en samlingslokal för fler än 150 personer där personerna förväntas vara vakna och kan utrymma på egen hand (Boverket, 2014)).

### 2.2 Lokalbeskrivning

Objektet är primärt uppdelat i en simhall och en sporthall. Till simhallsavdelningen räknas tillhörande omklädningsrum och bastu. Sporthallen räknas som gymnastiksal, gym samt till dessa tillhörande omklädningsrum. Dessa kommer att beskrivas var och en för sig under rubrikerna nedan. Objektet har tre våningsplan där det översta utgörs av läktarplanet i sporthallen. Källarplanet i byggnaden består av gym samt omklädningsrum, medan det plan som ligger i marknivå innehåller sporthall samt simhallen.

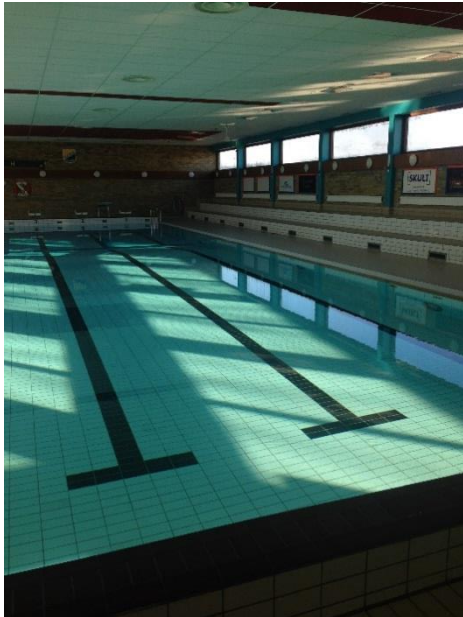
#### 2.2.1 Simhall

Simhallen består av en 25 meters bassäng med bredden av fyra banor. I anslutning till 25 metersbassängen fanns en läktare på ena sidan och vid den andra sidan var det ett fåtal bänkar placerade. Innanför den stora bassängen fanns ett rum med en liten barnbassäng. Vid barnbassängen fanns det gamla solarierum som vid besöket tjänade som förråd.

Enligt uppgift från SK Hajen (Olsson M. , 2016) befinner det sig runt 50 personer i simhallen vid deras ordinarie aktiviteter. Vid de tillfällen det anordnas tävling i simhallen kan det dock vara upp emot 300 personer inne i simhallen.

Knuten till simhallen finns en reception som har öppningar ut mot entrén samt in mot simhallen. Receptionen fungerar även till viss del som kiosk där försäljning av diverse artiklar sker.

En översikt av simhallen samt receptionen finns nedan i figur 2 samt figur 3.



Figur 2 Låktare och bassäng i simhallen



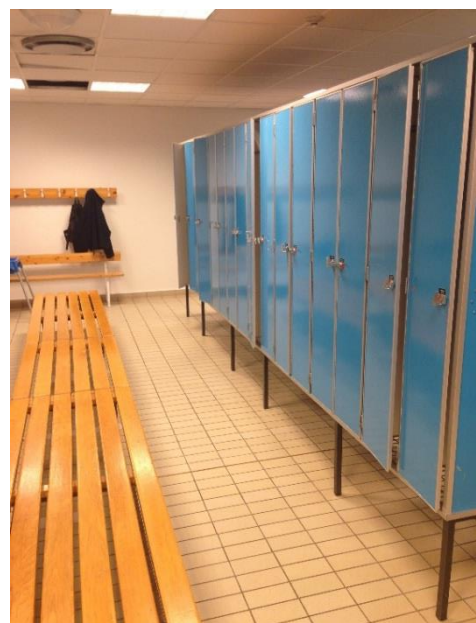
Figur 3 Reception sedd från entrén

### 2.2.2 Omklädningsrum och bastu

De omklädningsrum och bastu som tillhör simhallen var placerade på nedervåningen av lokalen. Omklädningsrummet utgjordes av två duschrum och till dessa ett anslutet omklädningsrum med förvaringsskåp, se figur 5. Bastun, se figur 4, utgjordes av två separata basturum anslutna till varandra. Det var dock bara den ena bastun som hade utgång till duschrummet.



Figur 4 En del av de två bastuutrymmena



Figur 5 Omklädningsrum tillhörande simhallen



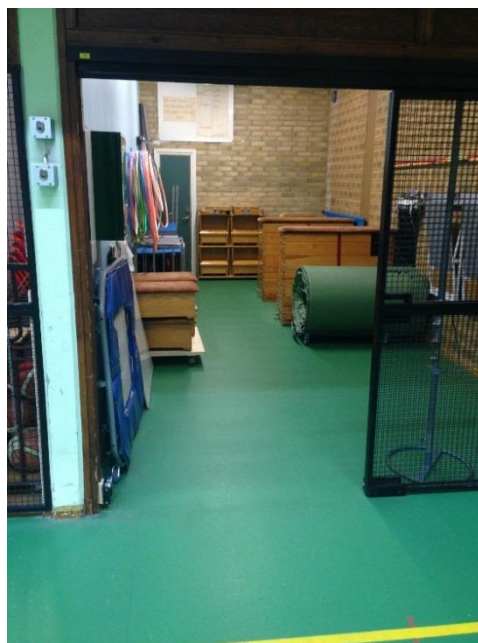
### 2.2.3 Sporthall

Sporthallen bestod utav en läktare längs ena långsidan med en kapacitet på 400 personer. Eftersom hallen används för diverse inomhusidrotter samt skolundervisning är ytan av idrottsplanen av normal storlek. I mitten av hallen fanns det en draperivägg som kunde fällas ner och på så sätt dela in såväl plan som läktare till två separata delar, se. I sporthallen fanns det två redskapsutrymme med material som används framförallt vid skolundervisning, se figur 7. Dessa två redskapsutrymme kunde låsas med hjälp av en gallerport.

Sporthallen är en flitigt använd samlingslokal. Dagtid används den till skolidrott och på kvällar och helger används den till träningar för bland annat basket. Basketförbundet LOBAS spelar även sina hemmamatcher i lokalen. Företrädare för Lobas Basket (Frieburghaus, 2016) har gett uppgift om att lokalen vid knattesammandragningar kan fyllas med upp mot 400 personer. Det är dock ovanligt med så mycket personer där inne. Vidare informerades det om att herr och damlagsmatcher kan generera mellan 100-350 åskådare.



Figur 6 Vikvägg mellan läktare och planhalvor



Figur 7 Halvtomt redskapsutrymme

### 2.2.4 Gym och gruppträningslokal

På nedervåningen i lokalen fanns det ett litet gym med ett 30-tal maskiner. Till gymmet hörde också gruppträningslokal. I källaren fanns även flera omklädningsrum som nyttjas av skola samt de som hyr sporthallen eller fotbollsplanerna i närheten.

### **3 Befintligt brandskydd**

I följande kapitel kommer det befintliga brandskyddet att beskrivas. Informationen i detta kapitel är en sammanställning av information från besök samt ritningar.

#### **3.1 Brandceller**

Objektet är uppdelat i två brandceller, som illustreras nedan i figur 10, under kapitel 3.4. Mellan simhallen och sporthallen går en brandcellsgräns genom båda våningarna. Förutom denna brandcell finns det ytterligare brandceller i sporthallen vilka går runt trapphuset och fläktrummen. Dock uppmärksammades det vid besöket att de utritade brandcellsgränserna inte stämmer överens med hur det faktiskt såg ut på objektet. Framförallt noterades att det vid rampen som tjänar som utrymning för folk i rullstol inte är en egen brandcell, trots att så är fallet enligt ritningarna.

#### **3.2 Brandlarmsystem**

Anläggningen var utrustad med ett centralt brandlarm placerad i elcentralen på nedervåningen. Till centralen var rök- och värmedetektorer kopplade samt larmknappar. Under besöket uppmärksammades en larmknapp som helt blockerats av en ditsatt metallskiva, bild på detta finns i figur 62, bilaga I. Vid händelse av larm aktiveras utrymningslarmet som larmar via talat utrymningslarm kompletterat med blixtljus. Detta uppfyller kraven för verksamhetens utrymningslarm enligt Boverket (2014). Brandlarmet var inte kopplat till räddningstjänsten eller resurs på plats. Enligt uppgift från SK Hajen (Olsson M. , 2016) ska kommunens jour informeras vilka i sin tur ska komma till hallen och kontrollera om det brinner och därefter larma räddningstjänsten.

#### **3.3 Detektion**

Detektorerna på anläggningen var rök- samt värmedetektorer. I vissa utrymmen, som till exempel redskapsutrymme och fläktrum fanns båda typerna. Det var framförallt rökdetektorer på objektet förutom på de ställen där den omgivande miljön kunde störa, till exempel bastu och omklädningsrum, där det istället fanns värmedetektorer. I figurerna i Bilaga A finns samtliga detektorer markerade enligt orienteringsritningarna.

##### **3.3.1 Sporthallen**

Vid spelplanen i sporthallen fanns inget detektionssystem. Det fanns dock både rökdetektorer samt värmedetektorer i de förrådsutrymmen som låg intill, se figur 27 i Bilaga A. Samtliga omklädningsrum var utrustade med rökdetektorer. Även gymmet som låg på nedervåningen var utrustad med rökdetektorer.

##### **3.3.2 Simhallen**

I simhallen, vid bassängerna, fanns det inga detektorer. Detektorerna i denna del var placerade i entréhallen samt inne i receptionshytten. I omklädningsrummen som ligger i anslutning till simhallen fanns det rökdetektorer i omklädningsutrymmet, medan duschutrymme samt bastu var utrustade med värmedetektorer. Det ska nämnas att placeringen av detektorn i bastun var under sittplatserna.

#### **3.4 Utrymningsvägar**

Utrymningsvägarna var vid besöket till största del inte blockerade på något sätt som menligt kan inverka vid utrymning. Detta gällde dock inte utrymningsvägen från personalutrymmet, se figur 8. Skulle någon utrymningsväg bli blockerad av brand ska det, enligt regelverket, alltid finnas tillgång till en alternativ utrymningsväg vid utrymning.

Gångavståndet till utrymningsväg i byggnaden uppfyller till största del kravet på de 30 meter som krävs enligt BBR. Från det borte hörnet i simhallen överstiger dock gångavståndet 30 meter.

I källaren finns utrymningsväg markerad genom fönster på flertalet ställen, bland annat i gymmet samt personalrummet. Utrymningen från personalrummet skedde genom ett fönster som dels var blockerat och saknade stege, se figur 8. I gymmet fanns det stege till fönstret, dock var det delvis blockerat av buskage utanför, se figur 9. Fönstren uppfyller annars kraven för storlek. (Boverket, 2014)



Figur 8 Utrymningsväg via fönster i personalrum

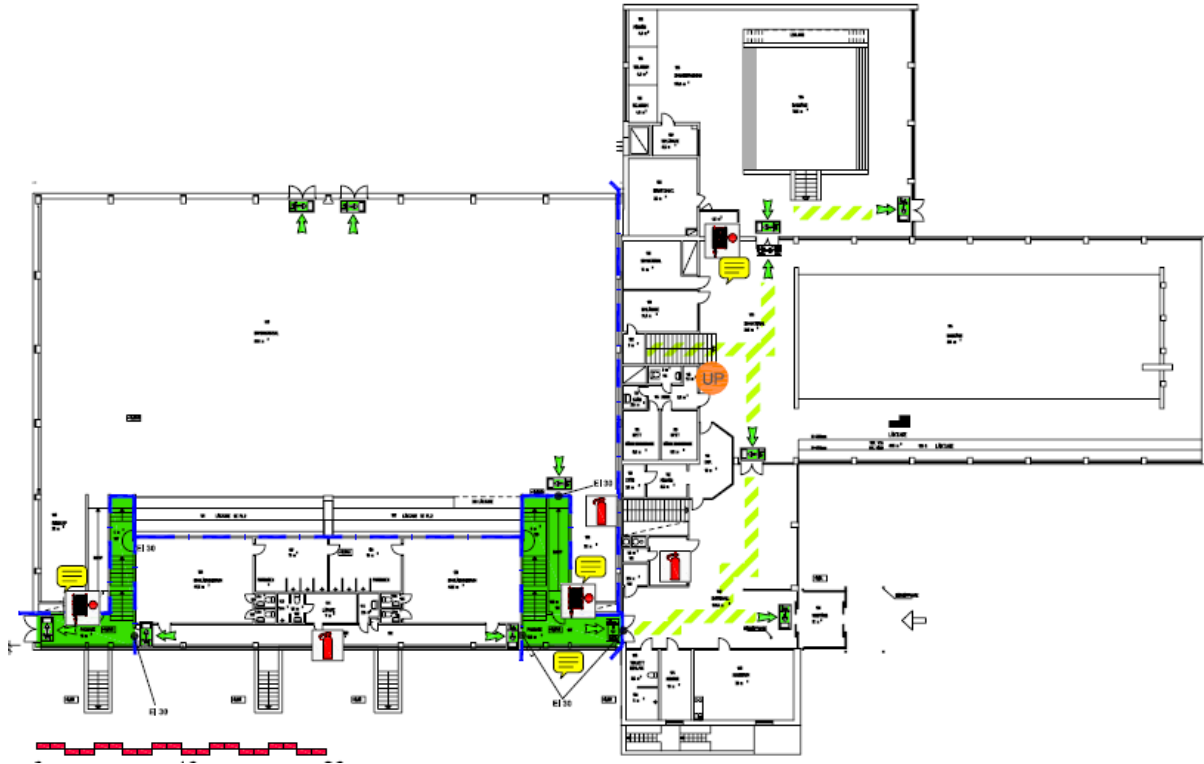


Figur 9 Utrymningsväg via gymmets fönster

Från brandskyddsritningen kunde det utläsas var de olika genomlysande och efterlysande utrymningsskyltarna satt, se figur 10 nedan. Dessa stämde inte helt överens med hur det faktiskt såg ut på objektet. Det borde finnas skyltar vid varje dörr och fönster som är eller är en del av en utrymningsväg samt där riktningssändringar sker. Skyltarna bör även vara belysta eller genomlysta enligt de krav som står i BBR. Det bör även finnas allmänbelysning vid alla utrymningsvägar och i de fallen då utrymningen leder direkt ut i det fria ska allmänbelysning finnas på utsidan av byggnaden.

Magnetdörrarna i byggnaden fungerade förhållandevis bra, en av dörrarnas magnet hade dock blivit en så kallad "permanentmagnet" vilket gjorde att den inte stängde när branddörrsknappen aktiverades. Detta hade gett problem vid aktivering av brandlarmet, då dörrarna inte hade stängts. Nödbelysning fanns installerat i de större utrymna, dock saknades detta i vissa trappor och gångar som användes för utrymning. Nödbelysningen bör finnas då det möjliggör utrymning vid strömavbrott och ska vid brand fylla sin funktion i de delar av byggnaden som inte är i direkt anslutning till branden. Kravet är att nödbelysningen ska fungera i 60 minuter vid strömavbrott. (Boverket, 2014)

Vidare kommer utrymningsvägarnas placering och frångänglighet analyseras i de olika brandscenarierna som studeras. En översikt av utrymningsvägar och brandcellsgränser finns i Figur 10 nedan. Övriga plan finns i bilaga A.



Figur 10 Brandritning över entréplan

### 3.5 Ventilation

Någon utförligare information om ventilationssystemet i Pilängshallen fanns inte att tillgå vid denna rapport. Under besöket gjordes dock vissa iakttagelser gällande det ventilationstekniska brandskyddet. Där det fanns brandcellsgränser var ventilationskanalerna försedda med såväl brandspjäll samt isolering. Vid besöket kunde det inte konstateras några brister i det ventilationstekniska brandskyddet och det förutsätts därför att branden inte kan spridas med hjälp av ventilationen.

### 3.6 Systematiskt brandskyddsarbete

Simhallen drivs av Medley på uppdrag av Lomma kommun. Personalen på Medley har information om hur de ska agera vid brand. Vid kontakt med två av de föreningar som har verksamhet i lokalen, SK Hajen samt Lobas basket erhöles information om att de inte fått tydliga direktiv om hur de ska agera vid brandlarm. Om detta beror på att intern information inom klubben inte har gått fram eller om informationen aldrig kommit till klubben är inte klarlagt.

### 3.7 Räddningstjänst

Pilängshallen ligger i Lomma kommun och tillhör därför räddningstjänsten Lomma-Staffanstorp. Enligt information från brandinspektör/Yttre befäl Nils Persson kan den första

personen vara på plats inom ett par minuter. Vidare uppskattade Persson att det tar ca tio minuter från att larmet inkommer till räddningstjänsten till att en fulltalig styrka kan vara på plats. Räddningstjänsten Lomma-Staffanstorps består endast av deltidsbrandmän. Befäl är heltidsanställda medan brandmännen i Lomma utnyttjar konceptet Första Insats Person (FIP). Detta innebär att två av brandmännen som har jour har tillgång till en bil från räddningstjänsten som de har med sig till arbetsplatsen samt hemmet. På detta sätt kan de tidigt ha personal på platsen. De brandmän som inte har FIP-bil tar sig till brandstationen för att rycka ut med släckbil. I denna rapport antas inte räddningstjänsten vara närvarande under utrymningsfasen.

## 4 Simuleringsprogram

Under arbetet har olika datorprogram använts för att simulera brandscenario och utrymning. I detta avsnitt kommer de programmen som har använts presenteras och beskrivas kort.

### 4.1 FDS

FDS står för Fire Dynamics Simulator och är ett simuleringsprogram utvecklat av NIST (National Institute of Standards and Technology) och VTT Technical Research Centre of Finland. Programmet är en CFD-modell (Computational Fluid Dynamics) som löser matematiska modeller för att få fram till exempel hur brandgasspridningen sker i byggnader. För att kunna starta en simulering i FDS måste geometrin för byggnaden byggas upp och därefter tilldelas egenskaper, till exempel typ av material på väggar. Detta gjordes med hjälp utav ArchiCAD för att bygga upp geometrin och Pyrosim som är ett kompletteringsprogram för FDS. Det är även viktigt att dela in geometrin i celler vilket görs genom att ansätta mesher (ett rutnät). Det FDS gör är att utföra beräkningar för var och en av dessa celler. För att undvika långa simuleringstider gäller det att inte ha för många celler i en mesh vilket gör att en geometri ofta består utav flera olika mesher. Att ett rum delas in i olika mesher är viktigt att poängtera då programmet inte är helt felfritt när det gäller meshgränser. Därför bör dessa granskas och väljas med omsorg. Cellstorleken som används i meshen spelar roll för simuleringsresultatet, om storleken blir mindre kommer simuleringstiden öka. Att minska cellernas storlek med hälften ökar simuleringstiden med 16 gånger den förra tiden. FDS är ett bra simuleringsprogram att använda då det ger en bra bild om hur ett brandförlopp skulle kunna se ut. Dock gäller det ha i åtanke att FDS ger en uppskattad bild av verkliga scenariot men det är inget facit.

Vid användning av FDS i denna rapport har vissa generella input använts. I de flesta fall kommer rekommendationer och råd om input från BIV:s tillämpningsdokument 2/2013, *CFD-beräkningar med FDS* (BIV, 2013). I BIV-rapporten har information om bland annat reaktionens sammansättning (trä eller trä och polyuretan) samt värden gällande soot yield och CO-yield för dessa hämtats. Vidare har dokumentet även använts för att bestämma rimliga Heat release rate per unit area (HRRPUA) för de studerade fallen. Brandens storlek och huruvida denna passar den valda meshstorleken är också exempel på hur dokumentet använts för att skapa en så rimlig simulering som möjligt.

Det är viktigt att påpeka att samtliga mesher som använts har varit av storlek 0,2-0,2-0,2, det vill säga cellerna har varit kuber med sidan 20 cm. Inga andra meshstorlekar har använts i simuleringen vilket medför att storleken på meshen inte helt är undersökt enligt tillämpningsdokumentet. Anledningen till detta diskuteras under avsnitt 9.2.

### 4.2 Pathfinder

Pathfinder är ett utrymningssimuleringsprogram skapat av Thunderhead Engineering, vilka även skapat Pyrosim. De båda programmen är kompatibla med varandra vilket gör att de med fördel kan användas parallellt för samma objekt. Ritningar från Pyrosim kan importeras till Pathfinder där det sedan går att definiera utgångar och sannolikheten att en viss mängd människor väljer att utrymma genom en specifik utrymningsdörr. Människor kan placeras ut i byggnaden och tilldelas egenskaper som påverkar utrymningsförloppet. Egenskaper som kan tilldelas till människorna är till exempel gånghastighet och reaktionstid. Vid simulering i Pathfinder får användaren en direkt bild utav hela utrymningsförloppet.

Det finns två olika modeller för utrymning i Pathfinder, SFPE och steering. SFPE-modellen styrs av persondensiteten baseras på riktlinjer från ”SFPE Handbook of Fire Protection Engineer” och gånghastigheten. Den begränsande faktorn är flödet genom dörrar och i trappor beroende på bredden av dessa. Personerna har i denna modell ingen avstånds begränsning till varandra vilket gör att flera personer kan ockupera samma plats och det ser ut som att personerna står på varandra. Modellen tar ej heller hänsyn till personers acceleration utan maximal gånghastighet uppnås omgående vid förflyttning (Olsson, 2013). Steering-modellen bygger på mer verklighetstroga beteenden hos människor där nya intryck och förändringar i miljön tas i beaktning. Modellen använder sig av ett minsta tillåtna avstånd mellan en person och andra personer och objekt som ej får understigas istället för att som i SFPE-modellen använda sig av persontätheten i lokalen för att beräkna gånghastigheten. Varje person behandlas i programmet individuellt ”ansträngningen” för ett vägval beräknas om för varje tidssteg i simuleringen. Det vägvalet med minst ”ansträngning” väljs sedan men kan ändras om omgivningen förändras (Olsson 2013). I denna rapport har steering-modellen använts då den ger mer verklighetstroga resultat när utrymning sker genom smala öppningar (Olsson 2013). En känslighetsanalys gjordes dock för att jämföra resultaten med de två olika modellerna

## 5 Utrymning

För att kunna bedöma utrymnings säkerhet på objektet behöver vissa krav uppfyllas. Dessa krav kommer att specificeras nedan men generellt för utrymning krävs det att tiden för utrymning är kortare än tiden till kritiska förhållanden.

### 5.1 Utrymningskrav

Beroende på om en byggnad dimensioneras med förenklad eller analytisk dimensionering ställs vissa krav på utrymnings säkerhet. När det gäller förenklad dimensionering finns i regelverket redan fastställda värden för till exempel avstånd till utrymningsväg. Denna rapport syftar dock inte till att kontrollera huruvida dessa krav uppfylls, utan istället granskas den faktiska personsäkerheten vid valt scenario. Om en analytisk dimensionering utförs på en byggnad ställer regelverket krav på vad personer i byggnaden får utsättas för. Denna gräns anses som kritisk exponering. Det är dock viktigt att poängtera att bara för att exponeringen är kritisk innebär inte detta att den medför omedelbar fara för den exponerade. De nivåer som fastställts i BBRAD, (Boverket, 2011), anses därför i denna rapport endast ge en fingervisning om vart personer i lokalen kan utsättas för kritisk exponering. I tabell 1 nedan återges kraven från BBRAD.

Tabell 1 Kraven för kritisk exponering ur BBRAD

| Kriterier                      | Nivå  |
|--------------------------------|---|
| Brandgaslagrets nivå ovan golv | Lägst 1,6 + (rummets höjd*0,1)  |
| Siktbarhet 2,0 m över golv     | 10 m i utrymmen >100 m <sup>2</sup> , 5 m i utrymmen <100 m <sup>2</sup>  |
| Värmedos                       | Max 60 kJ/m <sup>2</sup> utöver energin från strålningsnivån på 1 kW/m <sup>2</sup>   |
| Temperatur                     | Max 80°C  |
| Värmestrålning                 | Max 2,5 kW/m <sup>2</sup>   |
| Toxicitet 2,0 m ovan golv      | Kolmonoxidkoncentration (CO) <2000 ppm<br>Koldioxidkoncentration (CO <sub>2</sub> ) <5%<br>Syrgaskoncentration (O <sub>2</sub> ) <15% |

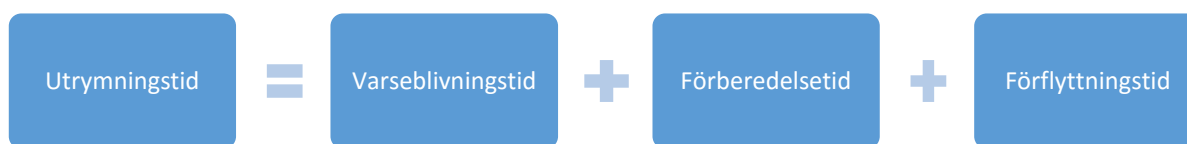
Dessa krav används som riktlinjer för utrymningen. Om de studier och simuleringar som senare utförs inte uppfyller nivåerna, till exempel om temperaturen är 60 grader, anses det vara säkert för personer att vistas där och det utreds inte vidare. Skulle temperaturen på ställen där människor befinner sig vara över 80 grader kommer detta att undersökas vidare för att fastställa huruvida fara för personsäkerheten faktiskt förekommer.

Gällande kraven på sikt och brandgaslager har författarna valt att fokusera på sikten. Att mäta specifikt brandgaslagrets höjd skulle inte tillföra relevant data då det mest väsentliga, temperatur, strålning, siktbarhet och toxicitet redan studeras. Genom att studera nivåerna på olika höjder för såväl sikt som temperatur studeras då även brandgaslagrets höjd. En separat mätning för detta behövs alltså inte.

### 5.2 Utrymningstid

För att beräkna tiden som det krävs att utrymma en lokal behöver flera faktorer beräknas. I Tid för utrymning vid brand (Frantzich, 2001), beskrivs tiden till utrymning genom följande ekvation, Figur 11.





Figur 11 Illustration av beräkningsgången för utrymningstid

Dessa olika variabler kommer att behandlas i varsitt avsnitt nedan.

I många sammanhang gällande utrymning nämns ofta uttrycken ASET samt RSET. Uttrycken står för Available Safe Egress Time (ASET) samt Required Safe Egress Time (RSET). ASET syftar till den tid som finns tillgänglig till utrymning fram till att förhållandena i rummet är kritiska. RSET är den tid som behövs för att utrymma rummet. För att uppnå säker utrymning är kravet att  $ASET > RSET$  (Mowrer, 2016), eller översatt till mer svenska termer  $t_{kritisk} > t_{utrymning}$ .

### 5.3 Varseblivningstid

Med varseblivningstid menas den tid det tar för en människa att förstå att något som avviker från det normala har inträffat. Detta kan till exempel vara den tid som förflyter från det att branden uppstår till dess att någon märker att det brinner. Om ett automatiskt brandlarm finns i byggnaden, vilket finns i den studerade lokalen, så är det tiden från att branden startar fram tills att larmet går som är varseblivningstiden. Varseblivningstid kan i och med detta variera mycket. I denna rapport kommer varseblivningstiden vara lika med den tid det tar från det att branden startar tills att brandlarmet aktiveras, vilket finns redovisat under respektive scenario i kapitel sju. I känslighetsanalysen, kapitel 8, testas hur en eventuell felfunktion av larmet påverkar utrymningen.

### 5.4 Förberedelsetid

Förberedelsetiden är den tid det tar för en person att tolka situationen och förbereda sig inför förflyttning. Det kan innebära att samla mer information om situation, varna andra, bekämpa branden, hämta personliga tillhörigheter eller på annat sätt förbereda sig på förflyttning.

Förberedelsetiden kan variera mycket beroende på typ av lokal, typ av brand och människorna som vistas däri. Människor som ser branden fattar snabbare beslut om att utrymma än folk som inte ser branden. Sociala roller spelar även en stor roll i detta skede. Människor med en i sammanhanget auktoritär rolls agerande kan även ha avgörande betydelse då andra människor förväntar sig beslut från dessa (Babrauskas, 2016). I fallet med Pilängshallen kan dessa vara till exempel tränare, arrangörer, lärare eller annan personal. Tidsåtgången för val av utrymningsväg är även det en del av förberedelsetiden. Ett vanligt fenomen vid utrymning är att människor tenderar till att utrymma via samma väg som de kom in även om närmare utrymningsvägar finns till hands (Frantzich, 2001). Även här kan rätt agerande hos närvarande personal ha stor inverkan på utrymningstiden genom att dirigera folk till närmaste utrymningsväg.

### 5.5 Förflyttningstid

Förflyttningstiden utgörs av den tiden det tar att förflytta sig ut ur aktuellt rum eller byggnad. Förflyttningstiden kan därför variera stort inom en grupp av människor. Barn, äldre och personer med funktionsnedsättning har generellt en längre förflyttningstid än vuxna personer.

Det är förflyttningstiden som beräknas med hjälp av simuleringsprogram som såsom Pathfinder.

## 6 Riskidentifiering

I följande kapitel kommer statistik för dem vanligaste brandorsakerna i idrottsanläggningar att presenteras. Även en grovanalys med olika brandscenarier som sedan klassas och jämförs i en riskmatris.

### 6.1 Statistik

De sannolikhetsbedömningar rörande brandscenarier som utförs angående grundar sig i statistik från MSB om räddningstjänstens insatser. Statistiken är därmed begränsad av de olika kategorier rörande byggnader, brandorsaker och liknande som MSB använder sig av. Det leder till vissa osäkerheter då alla insatser som sorteras in under kategorin "idrottsanläggningar" inte nödvändigtvis är relevanta för just detta fall. Det kommer av praktiska skäl ej tas hänsyn till detta. Vidare har vissa kategorier ändrats genom åren varför vissa tidsserier inte är fullständiga. I de fall där fullständig tidsserie finns så sträcker sig statistiken mellan 1998-2014.

Den vanligaste brandorsaken i idrottsanläggningar är anlagd brand vilket därför bedöms som den troligaste brandorsaken även här. Tekniska fel är även det en vanlig brandorsak men mängden teknisk utrustning i anläggning måste då has i åtanke då det kan variera kraftigt mellan olika idrottsanläggningar. Okända orsaker är av uppenbara skäl svåra att dra några slutsatser kring.

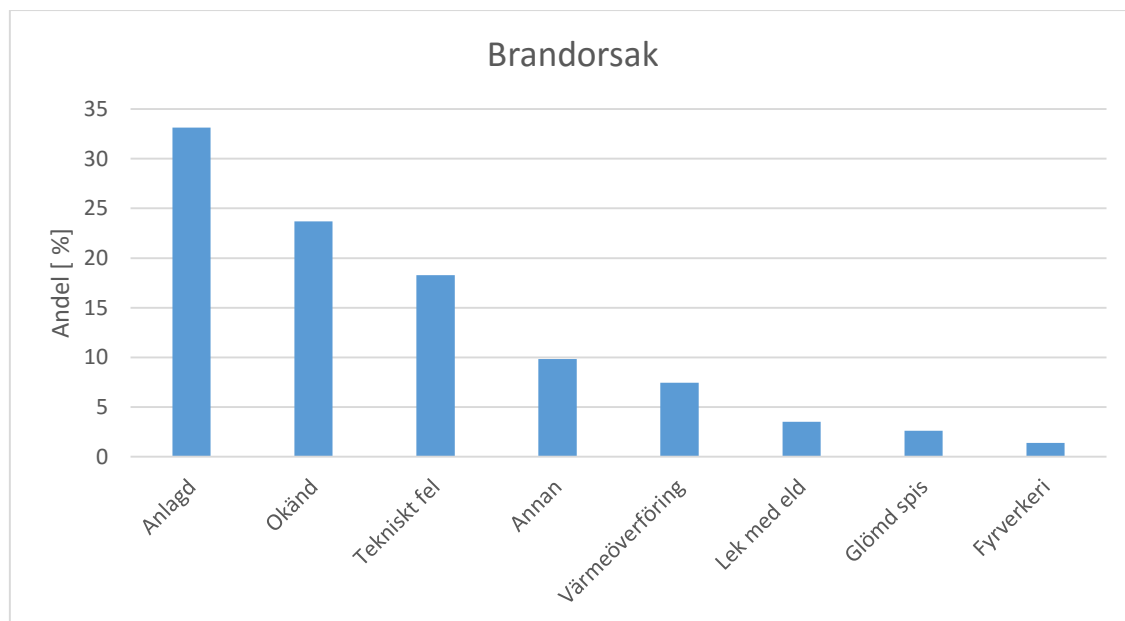


Diagram 1 visar dem vanligaste brandorsakerna mellan 1998-2014

Som diagrammet nedan visar så är det vanligaste startutrymmena "Annan" följt av "badrum/toalett/bastu".

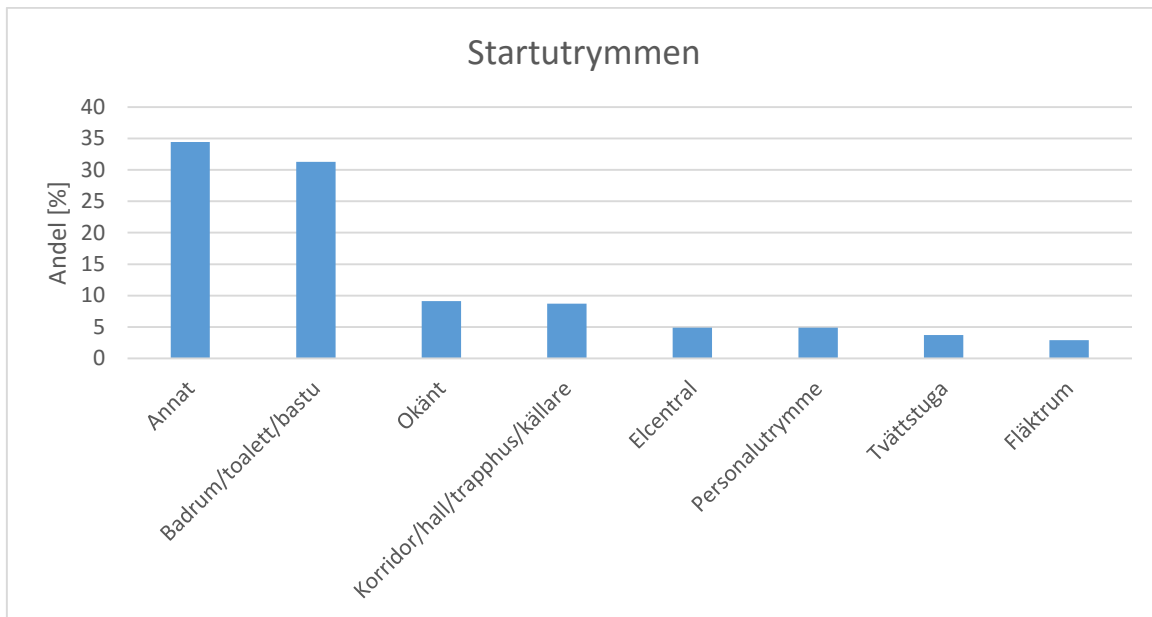


Diagram 2 visar dem vanligaste utrymmen som brand startar i mellan 1998-2014

Från 2005 delades dock den sistnämnda kategorin upp i "badrum/toalett" och "bastu". Som visas i diagram 3 framgår det tydligt att "bastu" står för majoriteten av bränderna i dessa utrymmen.

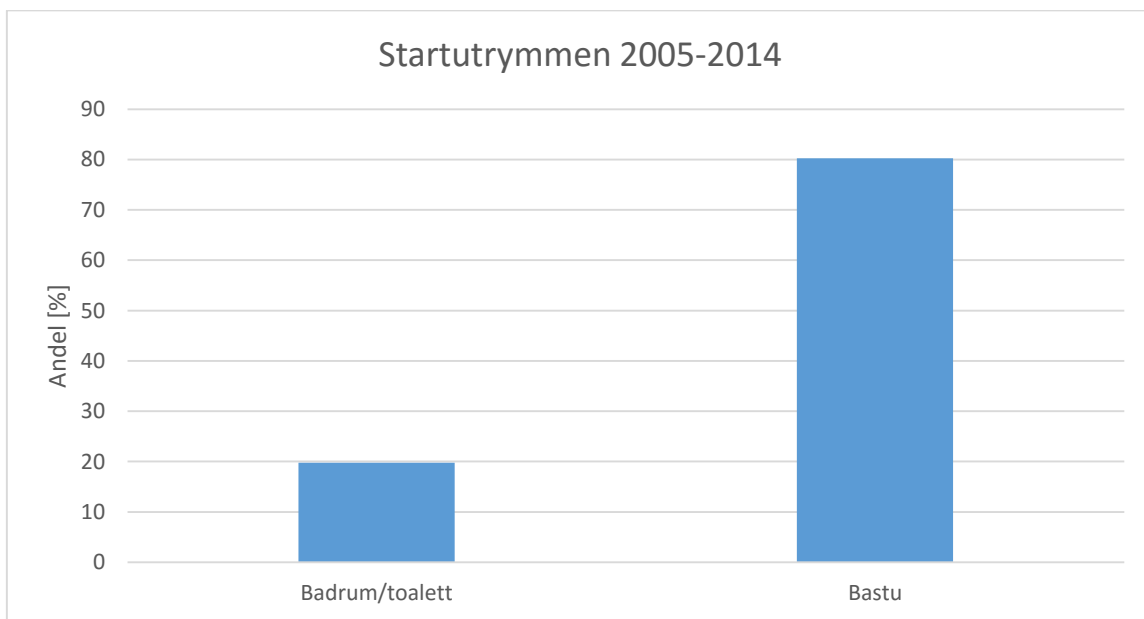


Diagram 3 "Badrum/toalett/bastu" delades upp i två kategorier 2005. Till "badrum/toalett" och "bastu"

Från dokumentet (Johansson, 1999) gå vissa sannolikheter att utläsa. I rapporten anges att sannolikheten för att branden självslocknar eller släcks av personal eller besökare är 0,429 (0,13) på en idrottshall samt 0,584 (0,064) på en skola (standardavvikelse inom parantes). Dessa siffror visar att runt varannan brand kommer utveckla sig och sprida sig från startföremålet.

## **6.2 Brandscenarier**

Nedan kommer brandscenarier att listas ihop med en kvalitativ riskuppskattning för att i slutet kunna sortera riskerna efter sannolikhet och konsekvens. Detta utförs i en så kallad riskmatris. När den kvalitativa skattningen utförs jämförs olika scenarier gentemot varandra. Således innebär det att sannolikheten ”hög” för att det börja brinna i bastun är hög relativt de andra utvalda scenarierna. För en mer grafisk beskrivning av var varje brandscenario är beläget se figur 63-65 i bilaga J.

### **6.2.1 Scenario 1 – Brand i bastu**

Med hjälp av den statistik som erhållits från MSB går det att utläsa att brand i bastu är en mycket vanlig startbrand på idrottsanläggningar. I Pilängshallen finns det två stycken bastuutrymmen vardera i herrarnas respektive damernas omklädningsrum i anslutning till simhallen. Dessa bastuutrymmen var anslutna till varandra, det vill säga för att komma in i den inre bastun ska den första bastun passeras. I bastun är såväl bänkar som väggar och tak gjorda av träpanel vilket gör att en uppkommen brand kan utvecklas relativt fort. Detta eftersom trämaterial redan är uppvärmt vilket gör att flamspridningshastigheten kan antas vara högre än för trä i rumstemperatur. För att komma in till bastun skulle två dörrar passeras. Den yttre av dessa var självstängande. Utanför dörrarna fanns två duschutrymmen i vilka det fanns mycket lite brännbart material.

**Sannolikhet: Hög**

**Konsekvens: Medel**

### **6.2.2 Scenario 2 – Brand i omklädningsrum**

Anlagd brand är den vanligaste brandorsaken på idrottsanläggningar. I Pilängshallen finns det flera omklädningsrum där en brand skulle kunna anläggas. Många anlagda bränder startas i skolor, det var också de omklädningsrummen som används av skolan som låg mest avses och därför också mest benägna att utsättas för brand. Det fanns dock inte mycket brännbart material i omklädningsrummen och vid besöket ansågs det troligast att en brand skulle startas i en papperskorg vilket inte skulle innebära en välutvecklad brand. Vid lektioner finns det kläder och väskor som också som kan brinna. Detta medför högre brandbelastning. Eftersom omklädningsrummen var utrustade med detektor antas därför att utrymningslarm går tidigt i brandskedet. Den öppna ytan innebär också att personer som befinner sig i rummet snabbt uppmärksammar branden samt gör en insats eventuellt utrymmer. Brand i omklädningsrummet skulle med största sannolikhet inte påverka utrymning av sporthallen.

**Sannolikhet: Hög**

**Konsekvens: Låg**

### **6.2.3 Scenario 3 – Brand i redskapsutrymme**

Som tidigare beskrivet är anlagd brand vanligt i sporthallar. I sporthallen fanns ett redskapsutrymme med gallerdörr, vilket gör det möjligt att kasta in ett brinnande föremål som kan ta sig i redskapen. Redskapsutrymmet innehöll mycket brännbart material och brandbelastningen skulle därför bli väldigt hög. När det gäller rökutveckling samt placering på utrymmet medför detta att en brand skulle kunna påverka utrymningsmöjligheter. Av denna anledning anses konsekvensen av en brand i utrymmet kunna vara hög.

**Sannolikhet: Medel**

**Konsekvens: Hög**

### **6.2.4 Scenario 4 – Brand på läktaren**

Läktaren skulle kunna utgöra föremål för en anlagd brand, till exempel en av de papperskorgar som stod i anslutning till läktaren. Sannolikheten för att en brand ska starta här bedöms dock inte som lika hög som tidigare. Om personer befinner sig på läktaren finns det troligtvis fler personer i anslutning som kan göra en tidig insats. Dessutom bestod läktaren inte av några större mängder lättantändligt och brännbart material. Om branden börjar på läktaren skulle troligen den övre utrymningsvägen blockeras av brandröken. Det fanns dock två ytterligare utrymningsvägar per halva av hallen, varför utrymnings säkerheten anses påverkas mindre än i scenario 3.

**Sannolikhet: Medel**

**Konsekvens: Låg**

### **6.2.5 Scenario 5 – Brand i reception**

Likt tidigare scenario är anlagd brand den vanligaste orsaken till brand i sporthall. Att anlägga en brand i receptionsområdet ansågs vara troligt då det kan vara svårt för personalen att hålla uppsikt samtidigt som det är lätt för eventuella gärningsmän att snabbt avlägsna sig från platsen. Sannolikheten bedöms därför högre än tidigare anlagda bränder. I receptionsområdet fanns det även mycket brännbart material varför brandbelastningen skulle vara relativt hög. En brand i receptionsutrymmet anses också problematiskt ur ett utrymningsperspektiv. Uppstår branden intill eller i receptionen kommer detta påverka utrymningen ur simhallen samt från nedervåningen. Detta medför att endast en skyltad utrymningsväg finns från simhallen. I simhallen anses det troligt att folk vill hämta kläder och personliga ägodelar snarare än att utrymma klädda i blöta badkläder vilket kan fördröja utrymningstiden. Konsekvensen anses därför vara hög.

**Sannolikhet: Hög**

**Konsekvens: Hög**

### **6.2.6 Scenario 6 – Brand i gym**

Pilängshallens gym låg på nedervåningen och hade runt 30 maskiner. Mängden brännbart material var inte hög och lokalen var ganska liten vilket skulle innebära att en eventuell anlagd brand skulle upptäckas av andra personer ganska snabbt. Varken konsekvensen eller sannolikheten bedöms därför vara speciellt hög. Utrymmet var dessutom utrustat med detektor som möjliggör tidig detektering och insats.

**Sannolikhet: Medel**

**Konsekvens: Låg**

### **6.2.7 Scenario 7 – Brand i tvättmaskin i källarutrymme**

I ett utrymme i källaren, endast tillgängligt för personal, fanns en tvättmaskin som användes. Brand i tvättmaskin kan anses troligt. Tvättmaskinen stod dock inte i anslutning till andra brännbara föremål och takhöjden var lite högre än normalt. En detektor som satt i mitten av rummet möjliggör för detektering och det bedöms att utrymning skulle ske innan branden i tvättmaskinen utgör en fara för personsäkerheten. Sannolikhet samt konsekvens bedöms därför inte vara högre än andra valda scenario.

**Sannolikhet: Låg**

**Konsekvens: Låg**

### **6.2.8 Scenario 8 – Elcentral**

Pilängshallen innehåller två elcentraler, båda belägna i korridoren i nedre plan. Den ena centralen utgjorde en egen brandcell, varför denna inte anses utgöra något problem. Den andra centralen innehöll även brandlarmscentral. En brand i detta utrymme kan ske, men varken sannolikhet eller konsekvens bedöms som höga. En brand i detta utrymme skulle heller troligen inte utgöra en fara för utrymningssäkerheten.

**Sannolikhet: Medel**

**Konsekvens: Medel**

### 6.3 Riskmatris

Alla brandscenarier presenteras i en riskmatris för att få en tydligare och enklare överblick över sambandet mellan konsekvens och sannolikhet. Matrisen redovisas i figur 12.

|                             |            |               |               |                      |            |
|-----------------------------|------------|---------------|---------------|----------------------|------------|
| Mycket hög                  |            |               |               |                      |            |
| Hög                         |            | SCENARIO<br>2 | SCENARIO<br>1 | SCENARIO<br>5        |            |
| Medel                       |            |               | SCENARIO<br>8 | SCENARIO<br>3        |            |
| Låg                         |            | SCENARIO<br>7 |               | SCENARIO<br>4 SAMT 6 |            |
| Mycket låg                  |            |               |               |                      |            |
| Sannolikhet↑<br>Konsekvens→ | Mycket låg | Låg           | Medel         | Hög                  | Mycket hög |

Figur 12 Riskmatris som beskriver sannolikheten och konsekvensen för de olika scenariona

De scenarier som valdes för vidare analys var scenario 1, 3 samt 5.

## 7 Analys av valda brandscenarier

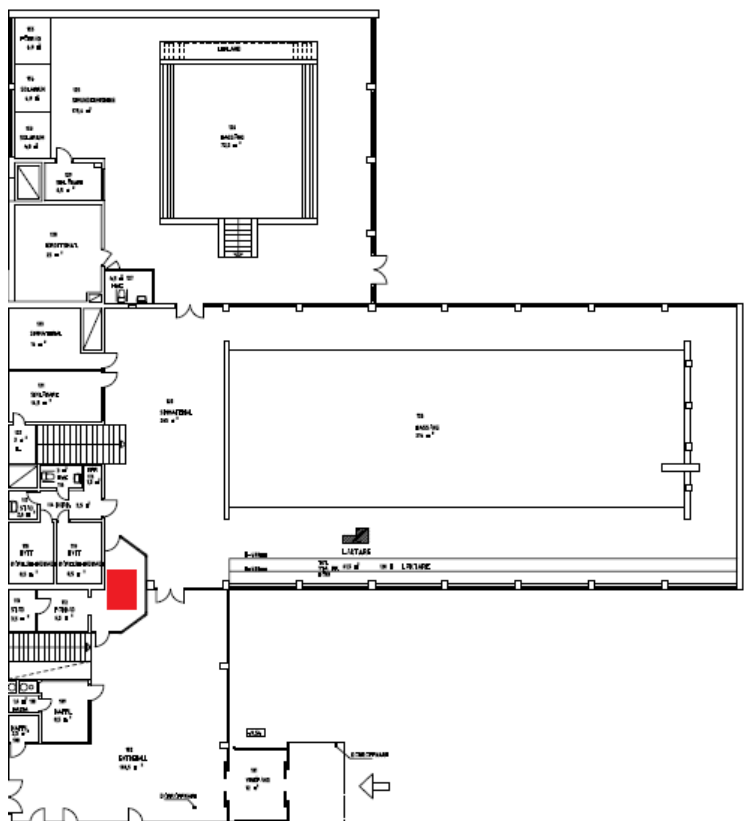
I följande kapitel redovisas de tre brandscenarier som anses vara de med störst inverkan och konsekvens på byggnaden och då människors säkerhet vad gäller brand och utrymningsmöjligheter. Brandscenarierna som undersöks är scenario 1, 3 och 5 från grovanalysen.

### 7.1 Scenario 5 – Brand i reception

#### 7.1.1 Beskrivning

Receptionen är ansluten både till entrén och simhallen och har öppna fönster mot såväl simhall som entré. Receptionen är, som tidigare beskrivet, symmetrisk och ser likadan ut på båda sidorna. I anslutning till receptionen finns även ett förråd, som enligt ritningarna inte är avskilt av en dörr varför brandbelastningen förväntas vara hög. Den höga brandbelastningen på relativt liten yta samt de fönster som är öppna åt två håll gör att ett snabbt brandförlopp kan inträffa. Vid brand skulle det dessutom bli brandgasspridning både ut i entrén och in till 25-metersbassängen vilket påverkar utrymningsmöjligheterna för folk inne i simhallen. I Figur 3 under kapitel 2.2.1 visas en bild på receptionen tagen från huvudentrén. Figur 13 visar placeringen av branden, en rökdetektor var placerad ovanför branden.

Vid detta scenario antas att en brand uppstår i receptionen, till exempel att någon anlägger den genom att kasta in ett brinnande föremål vilket inte upptäcks i tid. Detta antas inträffa under en helg då det är tävling och därmed mycket personer i lokalen. De flesta antas befinna sig inne vid 25-metersbassängen. Väggarna som avskiljer 25-metersbassängen från entrén och barnbassängen är försedda med stora fönster vilket gör att personer har översikt över hela simhallen oavsett var de befinner sig.



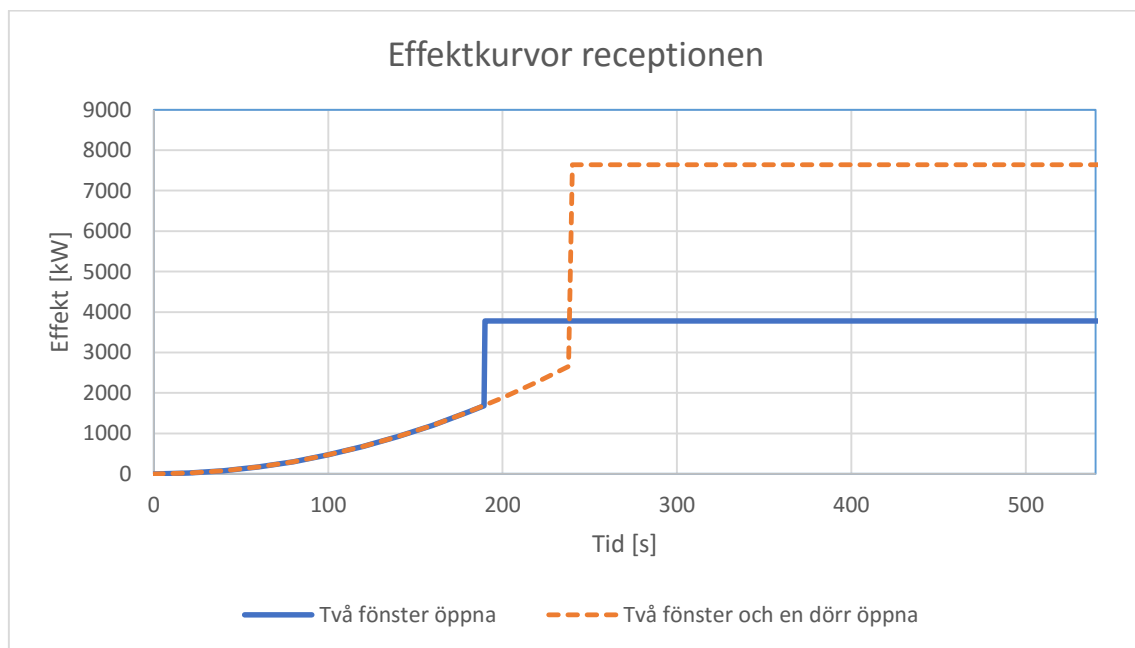
Figur 13 Beskrivning vart branden i simhallen uppstår



### 7.1.2 Effektutveckling

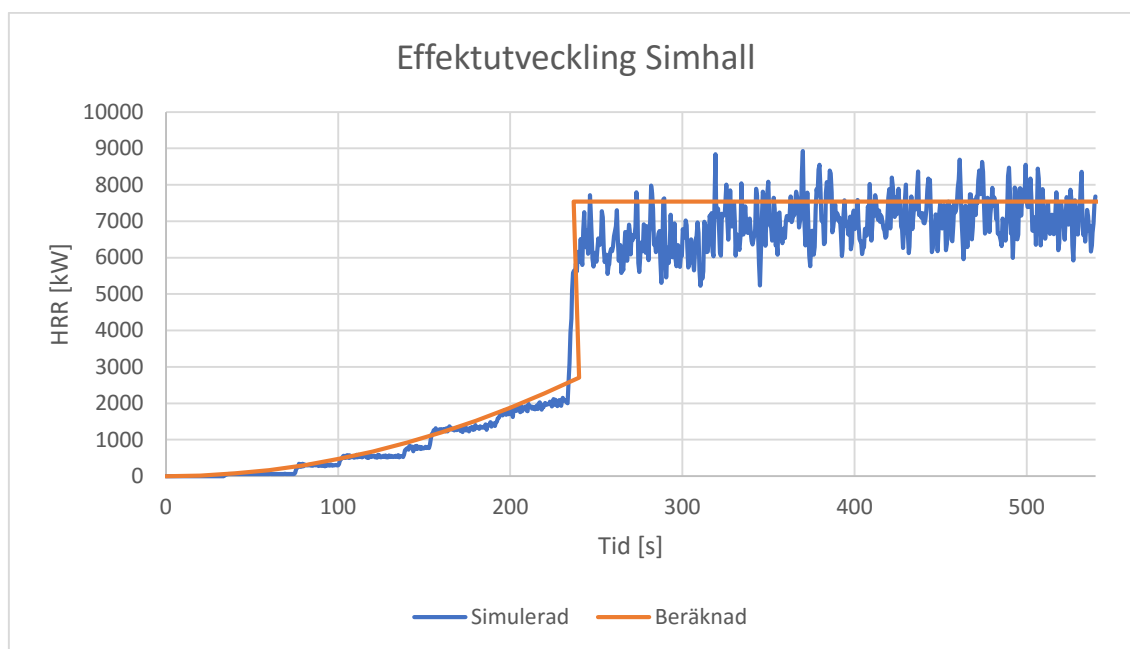
Med hjälp av tidigare genomförda försök och litteraturstudier kunde effektutvecklingen beräknas genom ett försök utfört av NIST (Babrauskas, 2016). Försöket som gjorts av NIST är på en kiosk i ett köpcentrum med golvarean 1,44 m<sup>2</sup> och en maxeffekt på 2 MW för en bränslekontrollerad brand. Dock enligt ritningarna har receptionen en golvarea på 12 m<sup>2</sup> vilket är betydligt större än kiosken från NIST försök. Detta gjorde att en ny maxeffekt beräknades för en bränslekontrollerad brand i receptionen med hjälp av informationen från NIST-försöket, se Bilaga B. Därefter beräknades maxeffekten för en ventilationskontrollerad brand i receptionen för att kontrollera vilken typ av brand som skulle inträffa i detta specifika fall. Efter beräkning av ventilationskontrollerad maxeffekt framgick det att branden blir ventilationskontrollerad, se Bilaga B för vidare uträkningar.

Försöket från NIST valdes då kiosken antas ha liknande förbränningsegenskaper som receptionen. Även om bränslepaketerna i de båda kioskerna inte är riktigt samma antas det att användandet av NISTs försök speglar effekten bättre än om flera bränslepaket skulle adderas och på så sätt uppskattas. I figur 14 finns effektkurvorna utritade. Tillväxthastigheten sattes dock till ”fast” istället för ”medium” som NIST-försöket visar (Babrauskas, 2016). Detta då det är osäkert hur väl förbränningsegenskaperna från kiosken i NIST-försöket stämmer överens med de hos receptionen och en snabbare tillväxt är då mer konservativ.



Figur 14 Effektkurva för kiosken

Den effekt som valdes är den som är streckad i Figur 14, där två fönster och en dörr ansågs vara öppna. Effekten efterliknades i FDS vilket gav följande resultat:



Figur 15 Effektutveckling simhall

Diskussion kring effekten finns i kapitel 9 där även diskussion förs kring proportion och volymsfel i byggnaden.

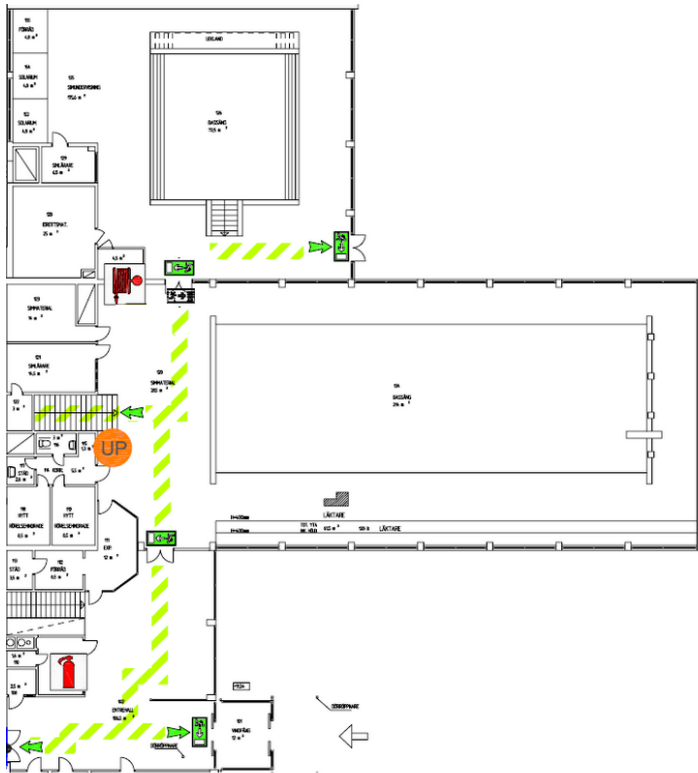
### 7.1.3 Utrymning

Från 25-meters bassängen finns tre utrymningsmöjligheter, via entrén, nödutgång vid barnbassängen samt nerför trappan till duschrummen som ligger i anslutning till omklädningsrummen. En person antas vara i säkerhet när denne kommit ner till källarvåningen då personen befinner sig under branden och har fler utrymningsmöjligheter genom andra brandceller. Vid en brand i receptionen så riskerar både dörren mellan entrén och 25-metersbassängen och trappan ner till källarvåningen att bli blockerade då de ligger nära receptionen. Det lämnar då endast nödutgången vid barnbassängen som kvarvarande utrymningsväg. I det tidiga brandförloppet antas samtliga utrymningsvägar vara tillgängliga. Från entrén finns två vägar ut, genom huvudentrén samt dörren som leder in mot omklädningsrummen, se figur 16 nedan.

Persontätheten i lokalen är inte jämt fördelad vid tävling då den borte långsidan är reserverad åt funktionärer medan den borte kortsidan från receptionen sett utgör startplatser för de tävlande. Detta innebär en lägre persontäthet på dessa platser, vilket leder till ett högre personantal på övriga delar i lokalen. Vid kortsidan av 25-metersbassängen brukar det enligt uppgift ställas stolar vid tävlingar vilket innebär att hinder kan finnas i utrymningsvägarna. Vid detta scenario antogs att majoriteten befann sig vid 25-metersbassängen, och ett mindre antal människor antogs befinna sig vid barnbassängen samt vid entréhallen.

Då de flesta personer befinner sig inne vid 25-metersbassängen, som ligger i direkt anslutning till receptionen, så kommer de närvarande personerna att se rök och eventuellt flammor i ett relativt tidigt skede. Det samma gäller för människor som befinner sig i entrén. Förberedelsetiden för människor som ser brand och/eller rök blir relativt kort, kring en minut enligt rapporten Tid för utrymning vid brand (Frantzich, 2001). Samtliga närvarande förväntas dock inte påbörja utrymning exakt samtidigt varför det vid simuleringarna användes en normalfördelning med 10 sekunders standardavvikelse. För mer detaljer hänvisas till Bilaga F.

Enligt simuleringar i Pathfinder blir utrymningstiden 3 minuter.



Figur 16 Beskriver utrymningsvägar i simhallen

### 7.1.4 FDS

Förutom det som nämns angående input i avsnitt 4.1 har vissa scenariospecifika input använts för att efterlikna situationerna. Värdena har hämtats från tillämpningsdokumentet och diskuteras under kapitel 9.1. I detta scenario användes följande input (beräkningar finns i Bilaga E):

Tabell 2 Brandens input i FDS-simuleringarna för simhallen

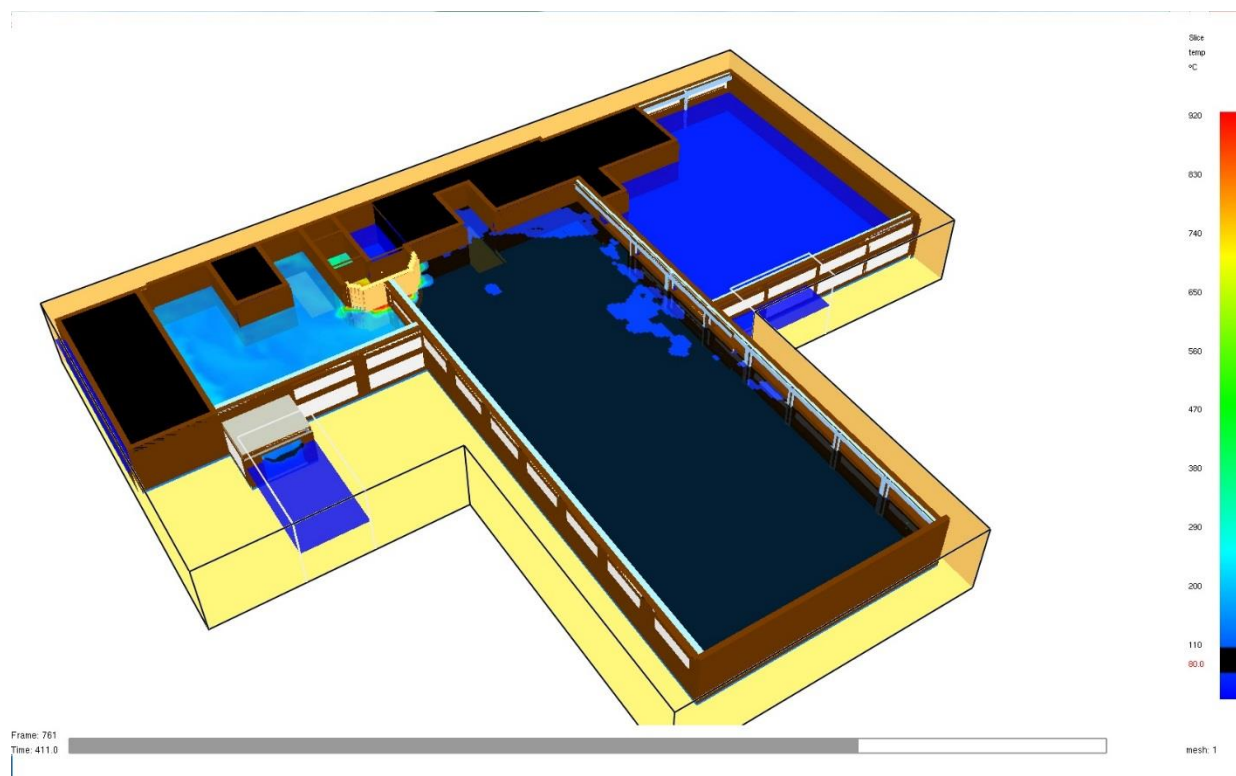
| Typ av input       | Använt värde           |
|--------------------|------------------------|
| Heat of Combustion | 20 MJ/kg               |
| Soot Yield         | 0,1                    |
| CO-yield           | 0,1                    |
| $\dot{Q}^*$        | 0,67                   |
| HRRPUA             | 1500 kW/m <sup>2</sup> |

Från simuleringarna erhöles följande resultat:

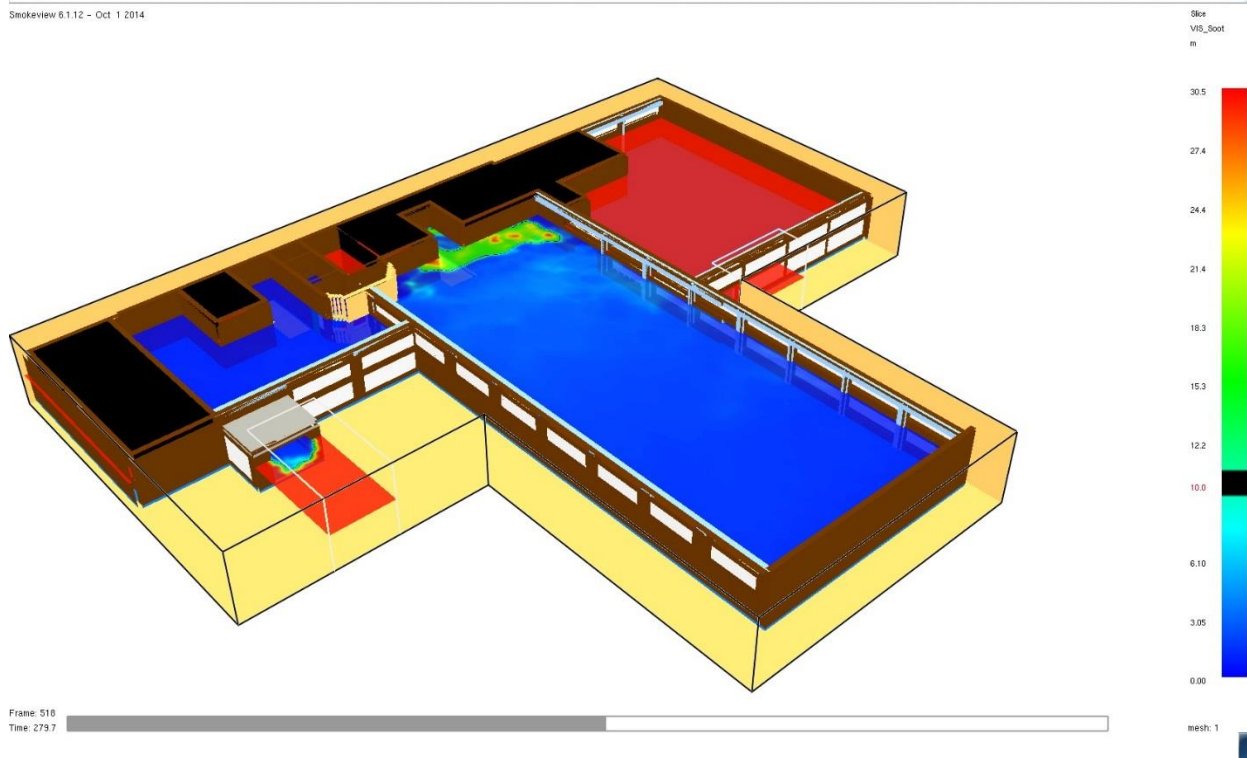
Tabell 3 Resultat som erhöles för simhallen från FDS-simulering

| Förhållande                | Tid   |
|----------------------------|---|
| Siktbarhet 2,0 m över golv | Entré: <b>3 min</b><br>25 m bassäng: <b>4 min 30 s</b><br>Barnbassäng: <b>7 min 30 s</b>  |
| Värmedos                   | Uppnås ej   |
| Temperatur                 | <b>7 min</b>  |
| Värmestrålning             | 1 kW/m <sup>2</sup>   |
| Toxicitet 2,0 m ovan golv  | Kolmonoxidkoncentration (CO) >2000 ppm: <b>9 min</b><br>Koldioxidkoncentration (CO <sub>2</sub> ) >5%: Uppnås ej<br>Syrgaskoncentration (O <sub>2</sub> ) <15%: Uppnås ej |

Från Smokeview kunde värden och visualiseringar av temperatur och rökspridning studeras, se figur 17 och figur 18.



Figur 17 Temperaturen i simhallen efter ungefär 7 minuter, svart område markerar 80°C



Figur 18 Sikt i simhallen efter ungefär 4 min 30 s, i det blå området är sikten under 10 m

Ytterligare resultat redovisas i Bilaga I.

### 7.1.5 Resultat

För simhallen kunde det konstateras att den tillgängliga tiden för utrymning var längre än den tid som behövs för att utrymma. Detta innebär att de krav som formuleras i kapitel 5 uppnås.

Enligt simuleringar så blir ASET=4:30 och RSET=3

### ASET>RSET

### 7.1.6 Diskussion och slutsats

Enligt de resultat som presenterats kommer alla personer i simhallen komma ut innan kritiska förhållanden uppnås. Höjden i 25-metersbassängen samt längden gör att det är en stor volym som ska fyllas innan kritiska kriterier uppnås. När utdata från simhallen studeras i Smokeview observeras det att röken går från receptionen mot bortre änden, där den sedan vänder och rör sig tillbaka mot receptionen. Då utrymningsvägarna ut från 25-metersbassängen är i höjd med receptionen rör sig folk däråt, detta i kombination med rökfyllnadsmönstret gör att folk antingen hinner ut eller in till barnbassängen innan röken kommer tillbaka till receptionen. Geometrin i simhallen bidrar också till att utrymning går snabbt. I simhallen ser samtliga personer varandra likväl som branden, vilket bidrar till kort förberedelsetid med liten fördelning. Förberedelsetiden kan tänkas variera med årstid då det är troligare att man utrymmer iklädd endast badkläder under sommaren än under vintermånaderna. Dock så kan folk som uppfattar att de befinner sig i fara antas utrymma även om inte klädseln är optimal för uteklimatet.

Den enkla geometrin med fönsterförsedda väggar där personerna kan se samtliga tillgängliga utrymningsvägar tillsammans med den korta förberedelsetiden är sannolikt de största

förklaringarna till att utrymning kan ske innan kritiska förhållanden uppstår. När det gäller personer med funktionsnedsättning, till exempel rullstolsburna, antas de kunna utrymma simhallen säkert. Mellan 25 metersbassängen och barnbassängen fanns det ingen tröskel varför rullstolsburna kan ta sig dit själva. I barnbassängen tar det lång tid innan förhållanden blir kritiska, varför personer i rullstol antas kunna utrymma även därifrån med hjälp av andra. På utsidan av dörren mellan barnbassängen och utomhus finns ett litet trappsteg, varför en rullstol inte kan ta sig nerför det. Däremot kan det antas att andra utrymmande personer bistår funktionsnedsatta som behöver hjälp varför de antas kunna sätta sig i säkerhet.

## 7.2 Scenario 3 – Brand i redskapsutrymme

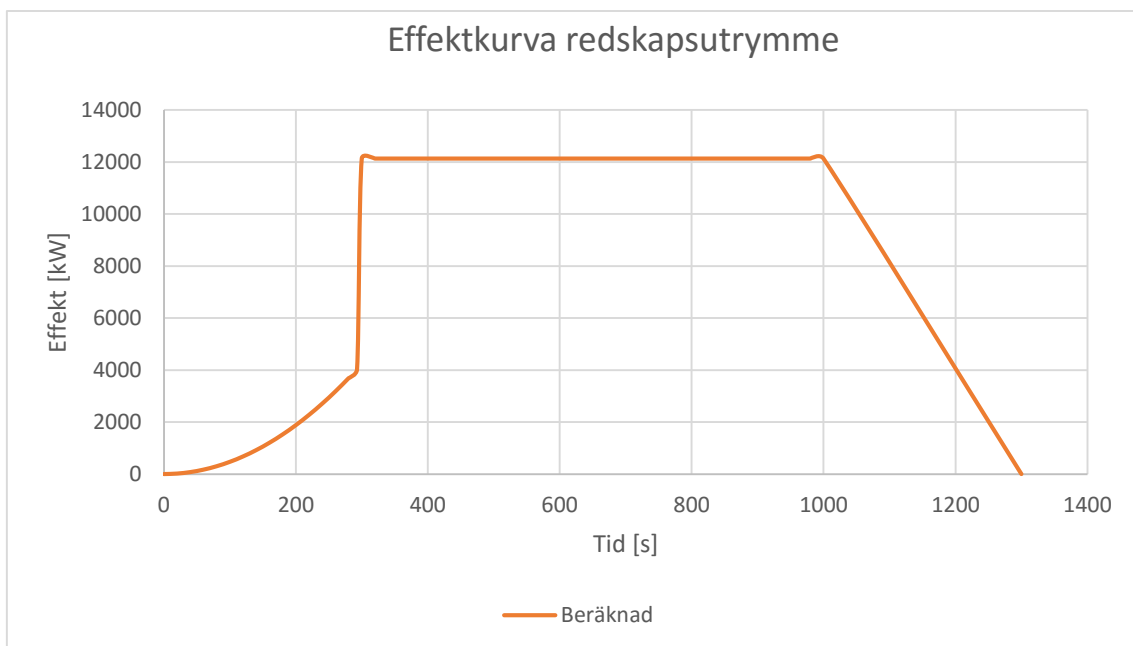
### 7.2.1 Beskrivning

I sporthallen finns det två stycken redskapsutrymmen belägna i varsitt hörn av hallen. Utrymmena har en mängd olika redskap och utrustning som används vid idrott, allt från plintar, tjockmattor, rockringar och bockar. När utrymmet inte används är en gallergrind till utrymmet låst.

Brandscenariot är att brand sker i redskapsutrymmet vid evenemang med publik upp emot 400 åskådare. Enligt tillgänglig statistik är branden sannolikt anlagd. På grund av den stora mängden brännbart material på relativt liten yta, uppstår det en hög effektutveckling. Då en av utrymningsvägarna ligger nära redskapsutrymmet kommer den att bli otillgänglig när brandeffekten blivit tillräckligt hög. Detta påverkar utrymningsmöjligheterna negativt.

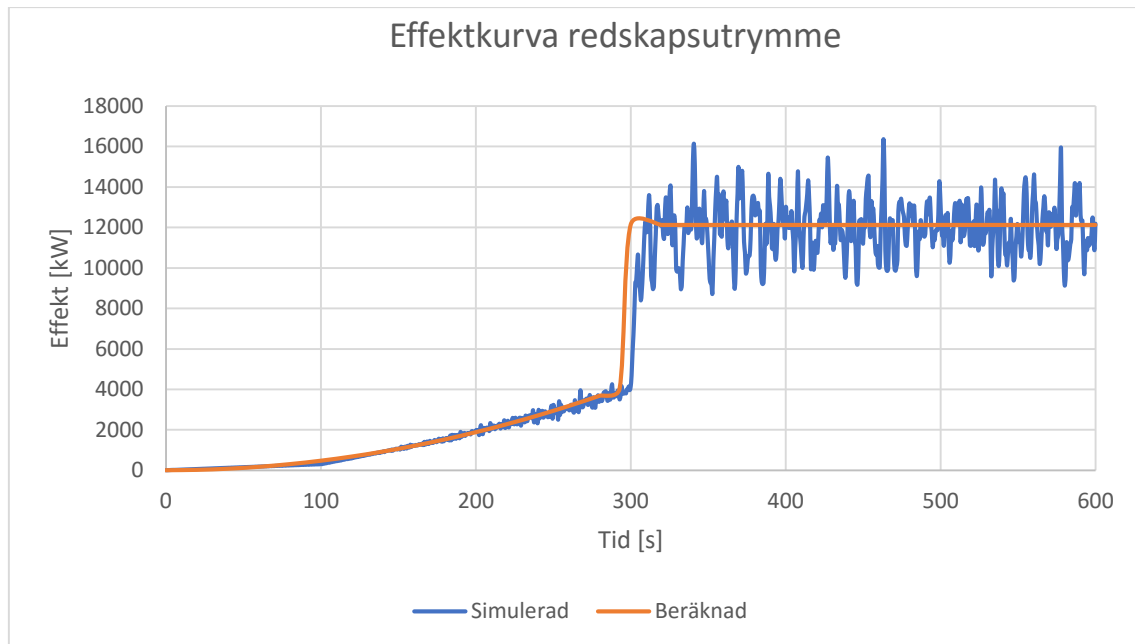
### 7.2.2 Effektutveckling

Brandens effekt i redskapsutrymmet har tagits fram med hjälp av det material som finns i utrymmet, figur 19 visar vilken typ av material som finns i utrymmet. Branden startar i utrymmet och sprider sig sedan enligt alfa- $t^2$ -modell tills dess att övertändning i rummet nås. Brandens alfa värde sattes till ”fast” då utrymmet mestadels bestod av trä. Avtagandefasen antas vara linjärt då delen inte är intressant för ändamålet. Övertändningen nås efter ungefär 5 minuter sekunder och når då sin maxeffekt på 12 MW, se figur 19 samt Bilaga C.



Figur 19 Effektkurva för redskapsutrymmet

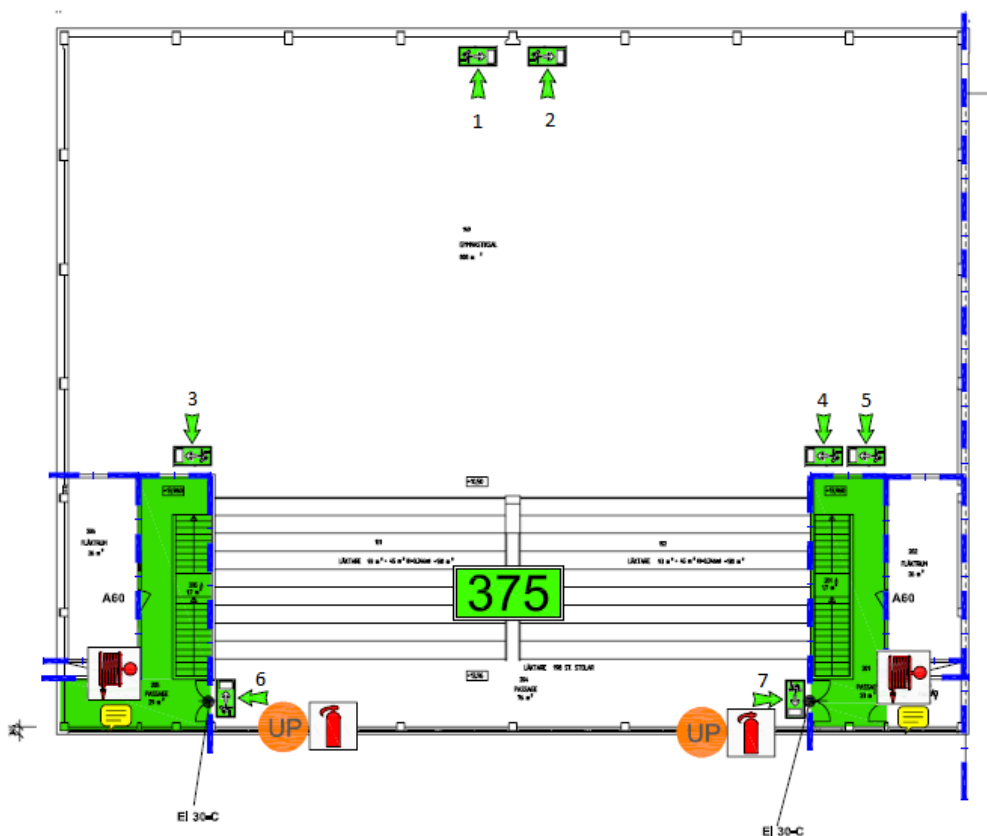
Efter att ha matat in värdena som input i FDS gavs följande effektutveckling, se Figur 20.



Figur 20 Effektutveckling för beräknat värde och resultat från simulering

### 7.2.3 Utrymning

Sporthallen har totalt sex stycken utrymningsvägar, två av dessa är belägna på varsin sida av läktarens övre plan, två i varsin ände av läktarnas nedre nivå och två centrerat på andra sidan utav hallen, se figur 21.



Figur 21 Möjliga utrymningsvägar i sporthallen

Läktarna har plats för ca 400 åskådare och i detta brandscenario antas samtliga platser vara fyllda. Detta innebär att väggen är uppfälld då det med stor sannolikhet inte befinner sig detta personantal med nedfälld vägg. De flesta människor antas då befinna sig på läktarna och det finns därför risk för köbildning i läktarens trappor. Köbildning kan även uppstå vid utrymningsdörrarna då de flesta sannolikt kommer att bege sig mot de närmaste dörrarna.

I de simuleringar som utfördes antogs det befinna sig 400 personer på läktarna samt 20 nere på planen. Varseblivningstiden är samma som tiden tills larmet utlöser vilket enligt FDS-simulering blir 20 sekunder. Samtliga närvarande kommer att märka av brandgaser i ett relativt tidigt skede då brandutrymnet ligger nära läktaren och i direkt anslutning till sporthallen. Människor i lokalen har även god översikt över tillgängliga utrymningsvägar. Det gör att tiden från varseblivning till förflyttning sannolikt blir kort. Enligt Frantzich blir tiden fram till förflyttning för personer som ser rök och/eller flammor kring 1 minut då det snabbt blir uppenbart att något utanför det normala inträffat och att det är ett skarpt läge (Frantzich, 2001). Dock användes en standardavvikelse på 10 sekunder då alla inte förväntas utrymma exakt samtidigt. Avvikelsen antas vara relativt liten då alla befinner sig i samma rum och har med andra ord tillgång till exakt samma information samt märker då när andra påbörjar sin utrymning. För mer detaljer hänvisas till Bilaga F.

Som i scenario A antas personer vara i säkerhet när de antingen kommit utomhus eller in i annan brandcell.

Enligt simuleringar i Pathfinder så blir utrymningstiden 3 minuter.



#### 7.2.4 FDS

För scenariot i sporthallen blir input lite annorlunda. Som beskrivet i tidigare avsnitt är det i detta fall mestadels trä som brinner, varför reaktionen ändras lite. Som tidigare är värdena hämtade från tillämpningsdokumentet och värdenas känslighet diskuteras i kapitel 9.1. Input i detta scenario är:

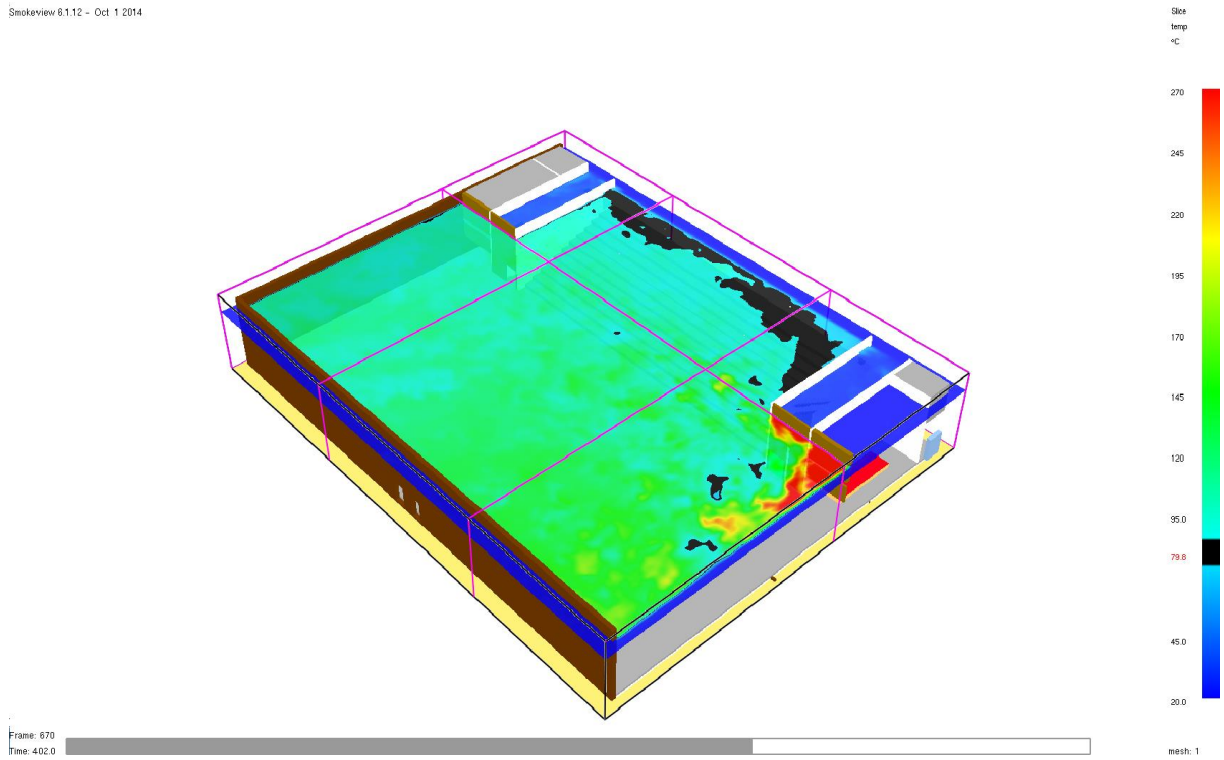
Tabell 4 Brandens input i FDS-simuleringarna för sporthall

| Typ av input       | Använt värde          |
|--------------------|-----------------------|
| Heat of Combustion | 16 MJ/kg              |
| Soot Yield         | 0,1                   |
| CO-yield           | 0,1                   |
| Q*                 | 1,35                  |
| HRRPUA             | 938 kW/m <sup>2</sup> |

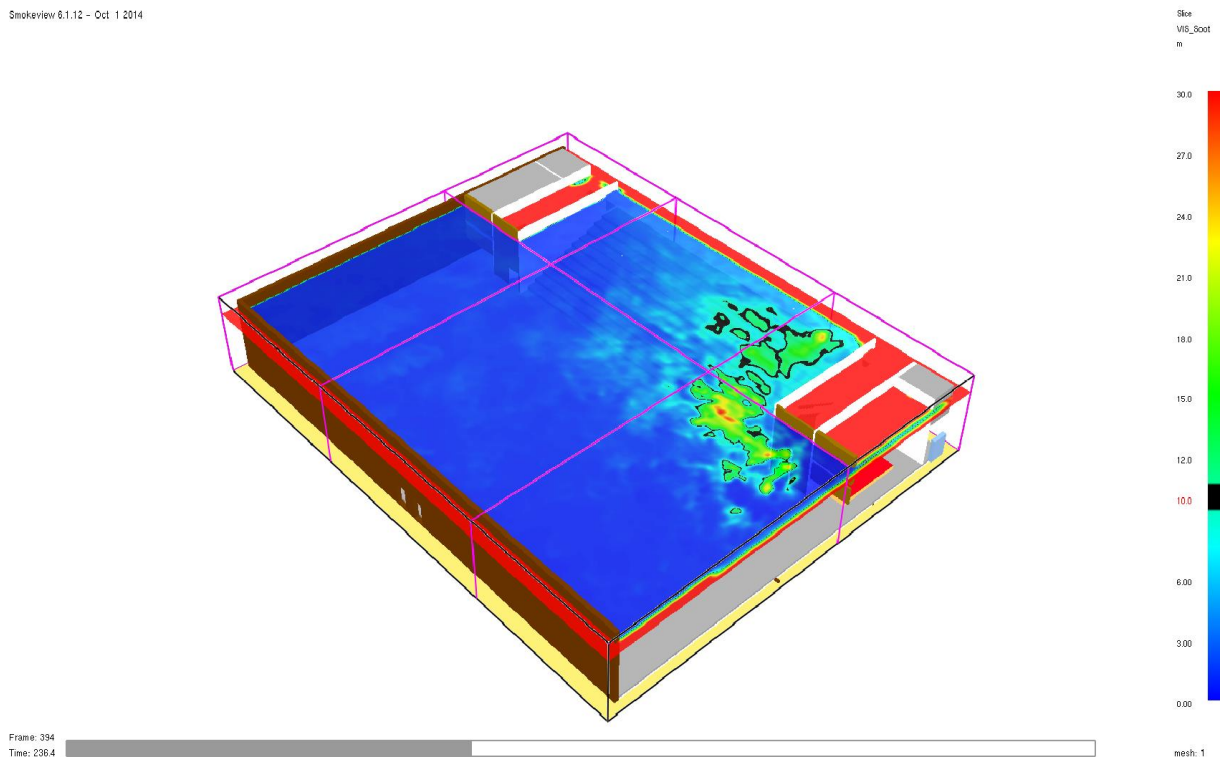
Enligt resultat från FDS-simulering erhöles följande:

Tabell 5 Resultat som erhöles för sporthall från FDS-simulering

| Förhållande                | Tid  |
|----------------------------|--|
| Siktbarhet 2,0 m över golv | Dörrar på översta läktaren: <b>4 min</b><br>Dörrar vid golvnivå: <b>6 min 30 s</b>   |
| Värmedos                   | Uppnås ej  |
| Temperatur                 | 2 meter över idrotsgolvet: <b>8 min 30 s</b><br>Läktaren: <b>6 min 30 s</b>  |
| Värmestrålning             | Uppnås ej  |
| Toxicitet 2,0 m ovan golv  | Kolmonoxidkoncentration (CO) >2000 ppm: <b>7 min 30 s</b><br>Koldioxidkoncentration (CO <sub>2</sub> ) >5%: Uppnås ej<br>Syrekoncentration (O <sub>2</sub> ) <15%: Uppnås ej |



Figur 22 Temperatur vid läktaren i idrottshallen efter ungefär 6 min 30 s



Figur 23 Sikt vid läktare i idrottshallen efter ungefär 4 minuter

### **7.2.5 Resultat**

Vid utvärdering av de resultat som uppnås vid simuleringar kan det konstateras att den tillgängliga tiden för utrymning är längre än den tid som behövs för utrymning. Detta innebär att de krav som ställs i kapitel 5 uppnås.

Enligt simuleringar blir ASET=6:30 och RSET=3.

#### **ASET>RSET**

### **7.2.6 Diskussion och slutsats**

Även vid brand i sporthallen kommer närvarande personer klara sig innan kritiska förhållanden uppnås. Då sporthallen har högt i tak så krävs det lång tid för att rökfylla hela rummet. Dessutom var det en liten tröskel i taket vilket gjorde att röken inte kunde sprida sig direkt in till övre delen av läktaren. Utrymningsdörrarna belägna vid planen kommer vara tillgängliga länge, då såväl rökfyllnad som kritiska temperaturer tar lång tid att uppnå. De utrymningsvägar som blir otillgängliga först är de vid övre läktaren. Tack vare att det fanns flera utrymningsvägar vid golvnivå kan utrymningen ske fort.

Geometrin i lokalen är relativt enkel och samtliga närvarande personer har god översikt och kan se tillgängliga utrymningsvägar. Lokalen är också förhållandevis stor och har högt till tak varför rökfyllnaden tar tid. Då det är många personer som ska utrymma från läktaren via trappor uppstod det köbildning i simuleringarna. Köbildningen skedde främst vid trapporna men även vid dörrarna. Detta uppfattades dock inte som ett större problem då utrymning trots detta kunde ske innan kritiska förhållanden uppnåddes vid dessa platser. Sannolikt är det även i detta scenario den enkla geometrin tillsammans med den korta förberedelsetiden som är de största förklaringarna till att utrymning kan ske innan kritiska förhållanden uppstår.

För funktionsnedsatta anses utrymning från sporthallen kunna ske säkert. Personer i rullstol är placerade precis bredvid den ramp som tar dem in och ut ur sporthallen. Från rampen har rullstolsburna tillgänglighet till väg ut helt utan trappsteg varför rullstolsburna anses vara säkra i detta scenario.

## **7.3 Scenario 1 – Brand i bastu**

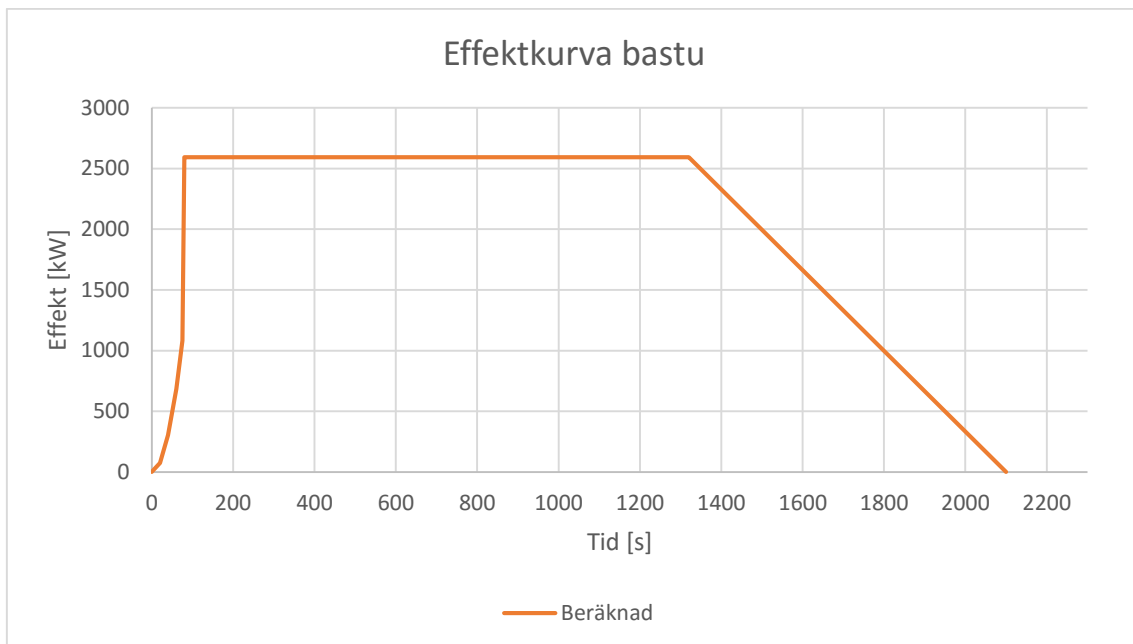
### **7.3.1 Beskrivning**

Detta brandscenario kommer att uppstå om en brand i bastun sker. Då både väggar och tak i basturna är klädda i träpanel förväntas tillväxthastigheten för branden bli hög.

### **7.3.2 Effektutveckling**

Brandens effektutveckling i bastun redovisas i figur 24. Maxeffekt för utrymnet nås efter att övertändning skett efter 75 sekunder och når cirka 2600 kW. Branden är ventilationskontrollerad, för vidare beräkningar och antaganden se Bilaga D. Att en så snabb brandtillväxt valts beror på att hela utrymnet förutom golvet är klätt i träpanel. En brand som startar i hörnet, till exempel vid bastuaggregatet, skulle därför få en mycket snabb utveckling. Den effekt som redovisas här bygger på en ventilationskontrollerad brand där den självstängande dörren ut mot duschutrymnet utanför hålls öppen. Det är troligt att den dörren hålls stängd även i det fall då dörrstängningsmekanismen slutat fungera då personer som nyttjar bastun kommer stänga dörren för att bibehålla temperaturen. I det fall då dörren är stängd kommer en brand ej att utvecklas enligt kurvan nedan och snabbt bli

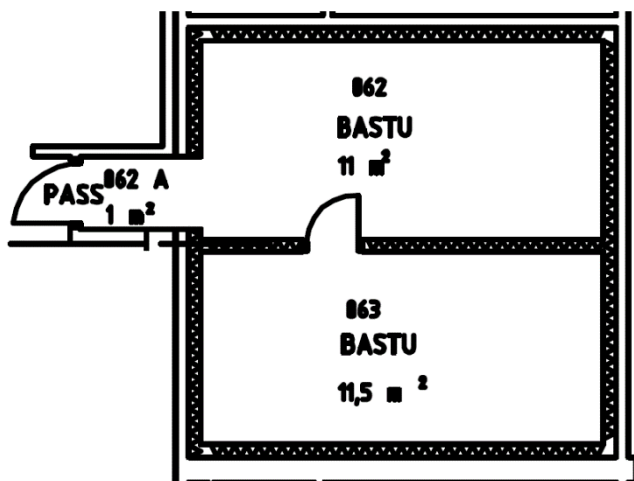
ventilationskontrollerad med betydligt reducerad effekt. Det kan dock innebära problem för räddningstjänst då bastuutrymmet kommer att fyllas av oförbrända brandgaser.



Figur 24 Beräknad effektkurva för bastun

### 7.3.3 Utrymning

För att komma in i bastuutrymmena måste två dörrar passeras där den första dörren var självstängande. Denna väg är den enda utrymningsväg att ta vid en eventuell utrymning. Det finns plats för uppskattningsvis 15 personer i varje bastu.



Figur 25 Beskrivning av bastuutrymmets geometri

Det värsta utrymningsförhållandet finns i den inre bastun då den personer där i måste utrymma igenom den första bastun. Vid en brand i den första bastun kan detta vara problematiskt. Det längsta möjliga gångavståndet är dock endast 9 m och då dörren mellan basturna är av glas och inte tätslutande, kan det antas att personer i bastun snabbt blir varse om branden och snabbt kan utrymma innan kritiska förhållanden uppnås.

#### **7.3.4 Diskussion och slutsats**

Sannolikheten för en brand i något av bastuutrymmena är relativt hög. Anlagda bränder förekommer såväl som oavsiktliga bränder som då troligtvis startar i anslutning till bastuaggregatet. Det korta gångavståndet samt de otäta glasörrarna mellan bastuutrymmena gör att personer i den inre bastun tidigt upptäcker en brand. Personer kan upptäcka branden i intilliggande bastu antingen genom att de ser den, känner lukten eller hör ljudet av branden. Därför är det sannolikt att alla personer hinner utrymma innan kritiska förhållanden uppnås. Värmedetektorerna som är placerade i bastun fanns under sittplatserna, vilket gör att de inte kommer aktivera förrän långt in i brandförloppet. Hade dessa placerats i taket hade varseblivningstiden minskat ytterligare.

Effektutvecklingen i kapitel 7.3.2 visar att effekten inte kommer bli särskilt hög relativt de andra simulerade fallen. Eftersom det utanför bastun också endast är kalkat duschrum finns där inte heller något som kan börja brinna i anslutning till brand i bastun. Detta medför att en eventuell brand i bastun kommer kunna bekämpas av räddningstjänsten utan större problem. Vidare är det sannolikt att den självstängande dörren ut från bastun är stängd och att brandeffekten då blir avsevärt lägre. Det kan innebära problem för räddningstjänst då bastuutrymmet då kommer att fyllas av oförbrända brandgaser. Det har dock ringa inverkan på personsäkerheten.

## 8 Känslighetsanalys

I rapporten används en del antaganden som på olika sätt, vissa mer andra mindre, påverkar utfallet. För att utvärdera känsligheten i de variabler och antaganden som görs kommer i följande kapitel ingående data analyseras med avseende på hur de påverkar slutresultatet och om denna påverkan kan anses vara acceptabel. För att göra det lättare för läsaren delas känslighetsanalysen upp i olika kapitel baserat på de olika metod och program som använts.

### 8.1 FDS

Som nämns i kapitel 4.1 sker det vissa förenklingar i användandet av FDS-simuleringar. I BIV:s tillämpningsdokument (BIV, 2013) kan användaren få tips på vilka parametrar som bör analyseras vid en granskning av en simulering i FDS. Vissa av dessa parametrar är inte aktuellt att analysera för denna rapport då de baseras på att det är en analytisk dimensionering som genomförs. Parametrarna som tas upp i dokumentet är dock lämpliga att beakta och vissa kommer därför analyseras här. Denna analys är framförallt en validering av indata som använts, eftersom en känslighetsanalys skulle kräva mycket tid och datorkapacitet, vilket inte varit möjligt.

Som exempel rekommenderar BIV i tillämpningsdokumentet att brandens placering analyseras, något som inte är aktuellt i detta fall då placering och typ av brand är det som ska utvärderas i rapporten. Om branden placerats på ett annat ställe i objektet hade kanske andra resultat uppnåtts, dock hade det inte varit motiverat i kapitel 6 och därmed inte uppfyllt rapportens syfte.

Två parametrar som är viktiga att kontrollera när det kommer till FDS-simuleringar är  $Q^*$  samt  $D^*$ . Parametern  $Q^*$  beskriver brandens storlek i förhållande till effektutveckling för att utvärdera så att detta inte överstiger framtagna gränsvärden.  $Q^*$  för de olika fallen finns under respektive kapitel 7.1.4 samt 7.2.4 och båda dessa ligger inom intervallet 0,3-2,5. De båda uträknade värdena ligger med god marginal ifrån gränsvärdena vilket tyder på att det inte föreligger någon fara för att värdet ska komma över eller understiga gränsen trots en liten förändring av indata i ekvationen.

Den andra parametern är designad för att analysera meshstorleken. Om en mesh är för stor nära branden kan inte de värden som då erhålls anses vara tillförlitliga. För beräkning av  $D^*$  vid de olika scenarierna hänvisas till Bilaga E - Valideringar av FDS, i tabell 6 nedan visas värdena för parametern.

Tabell 6 Valideringsresultat för FDS i simhall och sporthall

| Scenario  | Värde på $D^*$ | $D^*/\delta x$ | Godkänt intervall enligt tillämpningsdokument |
|-----------|----------------|----------------|---|
| Simhall   | 2,15           | 11             | 10-20   |
| Sporthall | 2,60           | 13             | 10-20   |

Som visat i tabellen så är storleken på branden väl anpassad till upplösningen runt om och behöver därför inte analyseras vidare.

Vidare i tillämpningsdokumentet beskriver BIV att kontroll bör ske så att flamtemperaturen är i intervallet 700-1200°C. Genom att studera slicefiles från simuleringarna konstateras att detta uppnås. Dessutom rekommenderas att kontrollera så att tryckavlastning finns. I scenario 3, simhallen, finns detta genom nödutgången via barnbassängen samt huvudentrén. När det

gäller scenario 5 sker tryckavlastning genom nödutgångarna placerade vid planen, samt genom trapphusen.

## **8.2 Pathfinder**

De två simulerade scenarierna har varierats i Pathfinder för att kontrollera om olika påverkan, till exempel dörrar som inte fungerar eller lägre gånghastighet, skulle påverka slutresultatet. Genom att använda grundscenariot och sedan variera enskilda parametrar i detta har en känslighetsanalys över utrymningen tagits fram. Grundscenariot benämns nedan som scenario 0, vartefter de olika variationerna får olika scenarionummer. Scenarierna ett samt två gäller för båda de studerade fallen då dessa behandlar inställningar rörande personerna. De följande variationerna behandlar istället de studerade fallen specifikt. Samtliga variationer är simulerade tio gånger för att sedan resultera i ett medelvärde.

### **0 – Grundscenario**

Ingenting ändras i detta scenario, tiden till utrymning är den tid som tidigare specificerats i kapitel 7.1.3 samt 7.2.3.

### **1 – Variation av varseblivnings- samt förberedelsetid**

I denna variation ändras det som i Pathfinder benämns som *Initial Delay* vilket syftar till den tid det tar från det att simuleringen startar till dess att folk börjar gå. I denna simulering ändrades fördelningen till en sammanslagning av resultat från FiRECAM, beskrivet i Frantzich. I Tid för utrymning vid brand (Frantzich, 2001), finns resultat från en undersökning i Kanada. I tabell 6 i Frantzich rapporten beskrivs olika besluts- och reaktionstider, vilket benämns som *Initial Delay* i Pathfinder. En kombination av olika värden i tabellen gör att den nya tiden antas till 130 sekunder (min 110, max 150). Standardavvikelsen antas dock fortsätta vara låg, 10 sekunder, då de flesta troligtvis börjar utrymma om en person gör det. Att öka värdet på denna parameter tar också hänsyn till att rökdetektorn inte fungerar och därför ej avger larm.

### **2 – Variation av gånghastighet**

En parameter som användaren ska specificera i Pathfinder är gånghastigheten på personerna i lokalen. För att avgöra inverkan av gånghastigheten på utrymningstiden gjordes simuleringarna med en lägre medelgånghastighet som sattes till 1.0 m/s, min- och maxhastigheten sattes till 0.8 respektive 1.2 m/s. Standardavvikelsen sattes till 0.1 m/s. Detta skulle kunna motsvara att flertalet i lokalen är barn, vilka går långsammare än vuxna.

### **3- SFPE-modell**

Det finns två olika modeller för människornas rörelse i Pathfinder kallade steering- och SFPE-mode, vilka beskrivs i kapitel 4.2. I grundscenariot har steering-modellen använts då den ger mer korrekta resultat när utrymning sker genom smala öppningar. För att se eventuella skillnader mellan de två modellerna simulerades scenarierna även med SFPE-modellen.

#### **8.2.1 Simhall**

För simhallen har det utförts specifika analyser när det gäller vilka dörrar som finns tillgängliga. I slutet av kapitlet sammanfattas alla tider i tabell 7 med hänsyn till tidigare resultat. De analyser som utförts är följande:

#### **4 – Stängd dörr mot huvudentré**

I detta scenario antas det att dörren vid receptionen, mellan 25-metersbassängen och huvudentrén är stängd hela tiden och personerna i lokalen endast kan utrymma via omklädningsrummen eller barnbassängen. Detta på grund av att dörren lätt kan bli blockerad av möblering men även att folk vill undvika att ta en utrymningsväg närmast branden.

#### **5 – Endast öppet vid barnbassäng**

Den sista variationen som utfördes för simhallen var när endast dörren ut ifrån barnbassängen fanns tillgänglig. Detta eftersom den utrymningsvägen ansågs vara den mest funktionssäkra och även den utrymningsväg som var placerad längst ifrån branden.

Tabell 7 Utrymningstiden scenario 0 till 5 för simhallen

| <b>Scenario</b> | <b>Tid [min:s]</b> |
|-----------------|--------------------|
| <b>ASET</b>     | 4:30               |
| <b>0</b>        | 3                  |
| <b>1</b>        | 3:30               |
| <b>2</b>        | 3                  |
| <b>3</b>        | 3                  |
| <b>4</b>        | 3:30               |
| <b>5</b>        | 4                  |

#### **8.2.2 Sporthall**

För sporthallen genomfördes vissa specifika känslighetsanalyser. Förklaring till analyserna går att läsa nedan, medan en sammanfattning av tiderna finns i tabell 8.

#### **4 – Dörr närmast brand ej tillgänglig**

Detta scenario studeras då tillgängligheten till utrymningsvägen närmast branden är svår att utvärdera med avseende på hur länge folk vill använda den och om det ens är ett val som personer i byggnaden gör. Därför simulerades utrymning från sporthallen utan att denna dörr fanns tillgänglig.

#### **5 – Dörrar vid planen stängda**

Dörrarna placerade vid planen, mitt emot läktaren, kan anses av åskådare som ett dåligt alternativ. Detta eftersom de då måste korsar planen och det är helt motsatt riktning från var de kom, utfördes simuleringar där dessa ej användes.

#### **6 – Dörrar vid övre läktare stängda**

Ett annat scenario som författarna anser skulle kunna inträffa är att dörrarna placerade vid de övre läktarraderna inte används. Vid besöket gavs information om att försäljning kan ske där



under matcher vilket skulle kunna störa utrymning via dessa. Dessutom är det dessa utrymningsvägar som kommer drabbas först av brandgaser.

*Tabell 8 Utrymningstiden scenario 0 till 6 för sporthall*

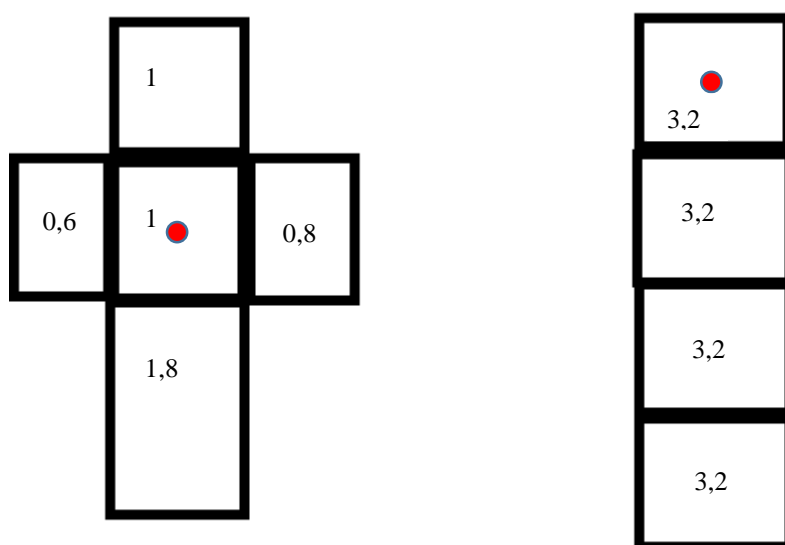
| <b>Scenario</b> | <b>Tid [min:s]</b> |
|-----------------|--------------------|
| <b>ASET</b>     | 6:30               |
| <b>0</b>        | 3                  |
| <b>1</b>        | 4                  |
| <b>2</b>        | 3                  |
| <b>3</b>        | 4                  |
| <b>4</b>        | 3                  |
| <b>5</b>        | 3:30               |
| <b>6</b>        | 4                  |

Antalet personer i lokalen varierar inte då samtliga scenarier har simulerats med maximalt antal personer närvarande och det inte förväntas befinna sig fler personer i respektive lokal i något sammanhang. Då simuleringarna visar att utrymning hinner ske innan kritiska förhållanden uppnås vid brand finns det inte heller anledning att analysera utrymning med lägre personantal då utrymning med färre personer tar mindre tid.

## 9 Diskussion

### 9.1 FDS och branden

I FDS kan olika metoder användas för att definiera branden. I denna rapport har två olika metoder använts och kombinerats på olika sätt. I scenario 3, simhallen, användes funktionen spread rate i kombination med en ramp funktion. På detta sätt simuleras att en liten låga sprider sig på mittenytan för att sedan sprida sig till de omkringliggande brandytorna. När branden når kanten på den mittersta ytan används rampfunktionen för att utveckla branden på omkringliggande ytor. Detta ansåg författarna skulle motsvara hur en verklig brand skulle sprida sig i receptionen. I scenario 5, sporthallen, användes istället rampfunktionen på samtliga brandytor. Den första ytan utvecklades till full effekt och övriga anslöt därefter. Även i detta scenario stämde den simulerade effekten väl överens med den beräknade, se kapitel 7.2.2. Brändernas dimensioner visas nedan i figur 26, enheten är kvadratmeter. Totala arean blir för den vänstra 5,2 m<sup>2</sup> och för den högra 12,8 m<sup>2</sup>.



Figur 26 Brandens utseende i simhallen (vänster) och sporthallen (höger)

När det gäller brandens tillväxt och effekt kan frågor uppkomma gällande hur konservativt brandförloppet i simuleringarna är. Om jämförelse skulle dras med BBRAD (Boverket, 2011), vilka antar en brand med en effekt på 10 MW, kan den brand som använts i denna rapport anses konservativ. I såväl sporthallen som simhallen sker tillväxten snabbare än vad Boverket rekommenderar. I BBRAD rekommenderas att tillväxthastigheten antas till "fast" upp till den maximala effekten. I denna rapport sker dock övertändning vilket resulterar i en mer allvarlig tillväxt än Boverkets rekommendation. Med anledning av detta anser författarna att den brand som används är konservativ. Som det syns i figur 15 går den simulerade effekten som en trappfunktion. Detta är ett resultat av att funktionen spread rate används. Att det blir så påverkar inte slutresultatet, då de viktiga värdena gällande tid och effekt fortfarande representeras, till exempel effekten vid övertändning. Vidare går det i figuren att se hur

effekten tycks fluktuera. Att den gör det beror på att branden blir ventilationskontrollerad, vilket ligger helt i enlighet med det som författarna konstaterade vid handberäkning av effekt.

I fallet med branden i receptionen antogs det att två fönster och en dörr var öppna. Ett fönster mot entrén och ett mot 25-metersbassängen vilket även var hållet som dörren var öppen mot. Anledningen till detta var att författarna observerade under platsbesöket att fönstren och dörren var konstant öppna. Dessutom verkade det sannolikt att så är fallet även annars. Om fler fönster varit stängda, till exempel det mot entrén, hade rökspridningen dit inte varit ett problem. Då branden är ventilationskontrollerad hade effektutvecklingen inte blivit lika hög och därmed skulle branden inte ge samma scenario. Författarna ansåg därför att ett scenario med två fönster öppna och en dörr var mest sannolikt samt mest allvarligt med avseende på utrymning. Om ett eller flera fönster hade varit stängda vid en brand hade dessa troligtvis gått sönder på grund av värmen från branden varför ett scenario med öppna fönster från början anses mer sannolikt och konservativt.

Anledningen till att temperaturen, och även strålningen, inte når kritiska värden anser författarna i båda scenarierna är ett resultat av rummets volym. Såväl simhallen som sporthallen har relativt högt i tak och konstruktionen är av betong, något som tar lång tid att värma upp och håller därför temperaturen i brandgaslagret nere. I de strålningsberäkningar som utfördes sattes  $\epsilon=1$ , vilket också är konservativt. Den faktor som författarna framförallt inriktade sig på var därför siktbarheten. När det gäller siktbarhet försämras sikten om mer sot tillförs till brandgaslagret. Hur mycket sot som bildas specificeras i FDS under soot yield och är en parameter som användaren specificerar. Här använde sig författarna av det värde som rekommenderas i det tillämpningsdokument som tidigare använts (BIV, 2013). Att uppskatta ett korrekt värde var svårt då information om exakt vad som brinner i receptionen inte var tillgänglig. författarna valde därför att använda sig av 0,1, vilket kan anses vara konservativt. Detta stöds av den information som går att utläsa i tabell 3-5 i Branz rapport nr. 185 (A.P Robbins, 2008). I rapporten tabelleras värden på soot yield för flera ämnen. Författarna bedömde att receptionen mestadels bestod av trä, vars värde ligger under 0,1. Då det även fanns andra material i receptionen, däribland plast med ett värde över 0,1, varför ett konservativt värde på 0,1 kändes rimligt. Samma antagande gäller för redskapsutrymmet. Eftersom problem med sikten aldrig uppstod, behövdes inte detta utvärderas vidare. Det ska dock konstateras att sikten mättes på två meters höjd, en höjd där endast ett fåtal befinner sig.

## 9.2 Utrymningssimuleringar

De utrymningssimuleringar som gjorts är gjorda utifrån antaganden om hur närvarande personer är fördelade i lokalerna. Det är naturligtvis svårt att veta exakt hur människor är fördelade vid olika tidpunkter vara uppskattningar fått göras. Antalet personer som simulerats grundar sig i information om besökarantal från de idrottsföreningar som är verksamma i lokalen.

Det finns en mängd svårigheter med att simulera mänskligt beteende då det finns i det närmaste en oändlig mängd variabler att ta hänsyn till. Olika människor reagerar olika i en utrymningssituation beroende på kön, ålder, grupptillhörighet med mera. Det är även omöjligt att veta exakt vilka personer som kommer att använda sig av vilka utrymningsvägar, det är inte säkert att samtliga använder den utrymningsväg som ligger på närmast avstånd. I simuleringarna fick detta bestämmas genom antaganden och uppskattningar som redovisas i Bilaga F.

Vidare i simuleringarna användes en log-normalfördelning av varseblivnings- och förberedelsetid. En log-normalfördelning är det som anses spegla det verkliga utrymningsförloppet mest; den största delen börjar utrymma samtidigt medan det är vissa personer som tar längre tid på sig att ta beslut. En gemensam nämnare för såväl simhall och sporthall är att geometrin är simpel. Där var och en av personerna kan se alla andra personer i samma rum. Detta bidrar till att den sociala påverkan som finns kan vara stor, vilket i sig är såväl positivt som negativt. Författarna tolkade att om väl en person börjar utrymma kommer i princip alla följa efter. I sin tur leder detta till låga värden på standardavvikelsen; den största mängden av de som utrymmer börjar i princip vid samma tid. I tabell 12 samt 13 i Bilaga F syns det att trots upprepade försök blir variationen på den totala tiden liten. Som tidigare beskrivet kan den sociala påverkan även ha en negativ effekt, vilket innebär att personer inte utrymmer för att "ingen annan gör det". Författarna ansåg inte detta vara ett problem, då vid båda scenarierna kommer personer se rök och eventuellt lågor vilket gör att de utrymmer. Ett problem som uppstod vid känslighetsanalys, baserat på det som tidigare beskrivits här, var att personernas varseblivnings- samt förberedelsetid kunde anses vara lika. Därför skulle inte en annan fördelning av tiderna ge ett annat resultat. Istället förändrades medeltiden för när utrymning påbörjats.

En begränsning i programmet är att det inte klarar av att simulera grupp beteenden. Samtliga människor i programmet agerar helt oberoende av grupp tillhörighet och dylikt som återfinns hos riktiga människor. Då det ofta befinner sig familjer, skolklasser och liknande grupper i lokalen kan detta ses som en stor brist då dessa grupper kan antas vilja samla ihop sig och utrymma gemensamt. Det är inte troligt att föräldrar skulle utrymma utan sina barn eller att en lärare utrymmer utan att kontrollera att samtliga elever även kommer i säkerhet. För att kompensera för detta antogs det att grupper av människor som befann sig nära varandra utrymde via samma vägar. Detta då olika sociala grupperingar sannolikt befinner sig i närheten av varandra vid scenariots början.

Pathfinder ger dock en god uppskattning av förflyttningstiden vid en utrymning. Det visar också på var det kan uppstå köbildning och trängsel vid utrymning.

### **9.3 Geometri**

I det ritningsmaterial som tillhandahölls inför besöket fanns två typer av ritningar, brandritningar samt vanliga ritningar. Brandritningarna som användes var i skala 1:300, medan de andra ritningarna saknade skala. Detta innebar att samma skala för ritningarna användes när modeller ritades upp med CAD. Detta antagande visade sig vara felaktigt vilket ledde till att arean som simulerades var cirka 50 % för stor. Takhöjden i byggnaden har dock varit korrekt i samtliga simuleringar. Nya simuleringar med rätt volym genomfördes för att studera huruvida det resultat som presenteras var giltigt. Dessa nya simuleringar utfördes endast för att jämföra rökfyllnadstider. De korrelerar inte väl med utrymningsförfarandet varför de inte kan användas för att studera förhållandet mellan utrymningstid samt brandförlopp. Dessutom blir rökfyllnadsmönstret inte korrekt modellerat i den nya simuleringen, varför detta inte kan anses vara en helt representativ simulering. Därför används och jämförs resultaten från båda simuleringarna. I tabell 9 nedan presenteras differensen ASET-RSET, som speglar den tid som finns kvar tillgänglig för utrymning. I den sista kolumnen redovisas den tidsdifferens med vilken simuleringarna med rätt volym är snabbare än tidigare simuleringar. Generellt gäller att tiden i den högra kolumnen ska vara mindre än

tiden i mittenkolumnen för att utrymningen ska vara godkänd. De värden som inte kriterier som inte uppnås har tagits bort ur tabellen då syftet endast är att visa skillnader.

Tabell 9 Tidsjämförelse mellan volymerna i simhallen

| Kriterier                         | ASET <sub>stor</sub> -RSET <sub>stor</sub>  | ASET <sub>stor</sub> -ASET <sub>liten</sub>                                  |
|-----------------------------------|---|--|
| <b>Siktbarhet 2,0 m över golv</b> | Entré: <b>0 s</b><br>25 m bassäng: <b>2 min</b><br>Barnbassäng: <b>4 min 30 s</b> | Entré: <b>0 s</b><br>25 m bassäng: <b>1 min</b><br>Barnbassäng: <b>1 min</b> |
| <b>Temperatur</b>                 | <b>4 min</b>  | <b>2 min</b>   |
| <b>Toxicitet 2,0 m ovan golv</b>  | Kolmonoxidkoncentration (CO) <2000 ppm: <b>6 min</b>                              | Kolmonoxidkoncentration (CO) <2000 ppm: <b>3 min 30 s</b>                    |

Som det visas i tabell 9 är inte värdena för den extra tid som behövs större än den tillgängliga extra tiden. Slutsatsen som kan dras är därför att alla klarar sig ur simhallen trots minskning av volymen.

För sporthallen utfördes samma studie av volymens påverkan på slutresultatet, detta redovisas nedan i tabell 10.

Tabell 10 Tidsjämförelse mellan volymerna i sporthallen

| Kriterier                         | ASET <sub>stor</sub> -RSET <sub>stor</sub>                                     | ASET <sub>stor</sub> -ASET <sub>liten</sub>                             |
|-----------------------------------|--|---|
| <b>Siktbarhet 2,0 m över golv</b> | Dörrar på översta läktaren: <b>1 min</b><br>Dörrar golvnivå: <b>3 min 30 s</b> | Dörrar på översta läktaren: <b>30 s</b><br>Dörrar golvnivå: <b>30 s</b> |
| <b>Temperatur</b>                 | Idrottsgolv: <b>5 min 30 s</b><br>Övre läktare: <b>4 min</b>                   | Idrottsgolv: <b>1 min</b><br>Övre läktare: <b>30 s</b>                  |
| <b>Toxicitet 2,0 m ovan golv</b>  | Kolmonoxidkoncentration (CO) <2000 ppm: <b>4 min 30 s</b>                      | Kolmonoxidkoncentration (CO) <2000 ppm: <b>30 s</b>                     |

Precis som för simhallen behövs det inte mer extra tid än vad som finns tillgängligt vilket innebär att ingen utsätts för de kriterier som tidigare formulerats.

Författarna valde att inte göra om utrymningssimuleringarna. Detta eftersom de simulerats med korrekt dörrbredd varför även flödet genom dörrar och nedför trappor blir rätt. Med den geometri som simulerades i Pathfinder blir gångavstånden längre, vilket författarna ansåg kompensera för eventuell missad köbildning. Resultatet i utrymningssimuleringarna kan därför anses vara korrekta.

För ytterligare diskussion om geometri hänvisas till Bilaga G.

#### 9.4 Avslutande diskussion

Som det syns i resultaten kan personsäkerheten vid händelse av valda scenarier anses vara god. Simuleringarna visar att personer i byggnaden hinner komma till säkerhet innan kritiska förhållanden uppstår inomhus. Det är dock viktigt att påpeka att simuleringarna är just simuleringar, hur människor faktiskt kommer agera vid händelse av brandlarm går inte, med nuvarande kunskap och teknik, att simulera.

Att geometrin som användes vid de första simuleringarna var felaktig går tyvärr bara att beklaga. När detta uppdagades utfördes flera simuleringar över hur rökfyllnaden skulle ske då volymen var mindre. Även om en mindre volym används så kommer alla personer ut i tid från byggnaden. Det är viktigt att påpeka att det endast var brandförloppet som testades med en ny, mer korrekt, geometri. Den tid som det tar för personerna att utrymma från lokalen är i själva verket kortare än vad som uppnåts vid simuleringarna. I de simuleringsresultat som används tvingas personerna gå lite längre än verkliga avstånd, vilket gör att slutsatsen om att alla klarar sig ytterligare stärks.

En fråga som är viktig att adressera är sannolikheten i att något av dessa scenarier ska inträffa. I kapitel 6 sker en riskidentifiering där författarna tar ställning till sannolikheten för att olika scenarier ska inträffa. Sannolikheten är dock baserat relativt varandra, det vill säga inte baserat på om Pilängshallen faktiskt haft en brand i receptionen. Fakta som framställs i statistikavsnittet kapitel 6.1 visar på att personal vid ungefär hälften av tillfällena misslyckas med att släcka en brand. Denna fakta i sig är intressant, och visar på problematiken med att anlagda små bränder kan orsaka stora problem för personal i idrottsanläggningar och skolor.

Det främsta problemet som författarna uppmärksammade vid platsbesöket var felaktigheten i de brandritningar som erhållits samt placering av flera utrymningsskyltar. Vid öppningen mellan den stora bassängen och barnbassängen fanns det inte mindre än 3 (!) olika utrymningsskyltar. Designen på skyltarna var olika men den gemensamma nämnaren var att ingen var genomlyst. Detta kan orsaka problem för personer som ska utrymma. Även om utrymning i sig från simhallen kan anses vara relativt enkel, med flera fönster och lätt att navigera sig, kan flera skyltar ställa till det. När det gäller utrymning gäller inte ”ju fler desto bättre” vilket istället kan ställa till det för de som ska utrymma. Även fler exempel på felplacerade utrymningsskyltar och andra fel i brandritningen observerades, varför en grundlig genomgång av ritningar, skyltar och brandsläckare rekommenderas.

Generellt för de scenarier som studeras kan sägas att det är en typ av ”worst-case” som studerats. Eftersom dessa scenarier visar att utrymning kan ske på ett tillfredställande sätt, gäller detta även för scenarier som inte innehåller lika många personer.

## 10 Åtgärdsförslag

Efter att ha studerat och utvärderat brandscenarion i byggnaden kan det konstateras att brandsäkerheten är tillfredställande och därför behövs inga åtgärder vidtas.

Under platsbesöket och arbetets gång observerades vissa delar i det befintliga brandskyddet som kan förbättras. För att bibehålla ett gott brandskydd vill författarna därför ge förslag på vissa åtgärder:

- Information gällande rutiner vid utrymningslarm *bör* ses över samt distribueras till samtliga personer som utnyttjar lokalerna, särskilt personer i ansvarsroller
- Utrymningsvägar *ska* alltid hållas fria för utrymning
- De utrymningsskyltar som finns i lokalen *bör* gås igenom för att se till att de stämmer överens med gällande brandritning, endast en skylt per utrymningsväg rekommenderas
- Brandritningarna över lokalen *bör* uppdateras så att de stämmer överens med det befintliga brandskyddet
- De dörrar i byggnaden som är uppsatta med dörrmagnet *ska* regelbundet testas för att undvika att så kallade ”permanentmagneter” bildas
- Brandsläckare *ska* kontrolleras gällande funktion och tillgänglighet, släckutrustning som ej är funktionell *bör* avlägsnas
- Skylt gällande personantal i sporthallen *bör* uppdateras med korrekt antal personer
- Detektor i bastu *bör* placeras i taket
- Nödbelysning i utrymningsvägar *ska* kompletteras

## **11 Slutsats**

Efter att ha analyserat de scenarier som författarna anser vara de som har störst sannolikhet och konsekvens för Pilängshallen i Lomma kan det konstaterats att alla personer som befinner sig i hallen hinner utrymma om en brand skulle uppstå.

De åtgärdsförslag som presenteras kan genomföras med enkla medel och bidrar till ökad säkerhet om de genomförs på ett korrekt sätt. Särskilt vill författarna betona vikten av att all personal samt ledare, simtränare, lärare och andra personer som har ansvar vid olika aktiviteter informeras om rutiner vid larm och utrymning.

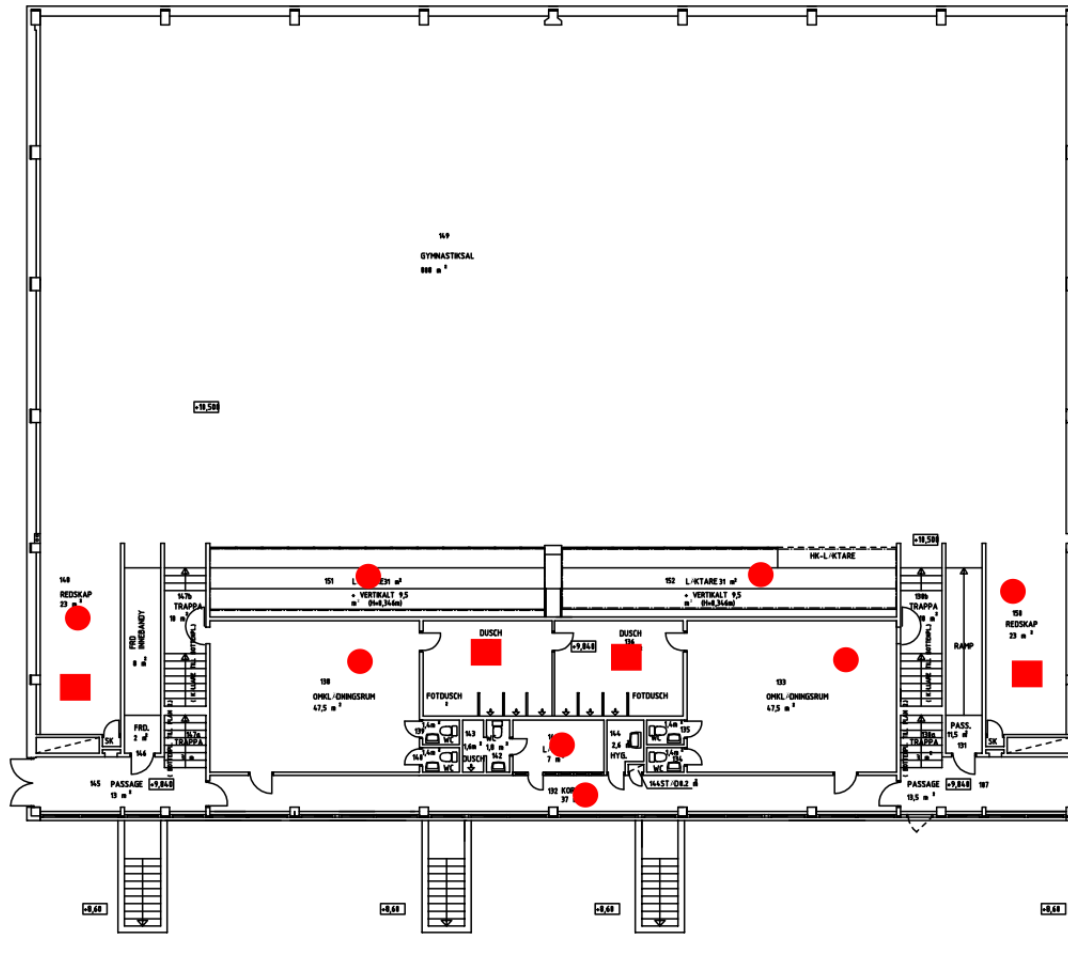


## 12 Referenser

- A.P Robbins, C. W. (2008). *Soot yield values for modelling purposes - Residential occupancies*. Branz.
- Babrauskas, V. (2016). Heat Release Rates. i SFPE, *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering* (5 uppl., s. 847). New York: Springer.
- Bengt Dahlgren, Brandskyddslaget och Lunds tekniska högskola. (2014). *Brandskyddshandboken*. Borås: Sjuhäradsbygdens tryckeri.
- BIV. (2013). *CFD-beräkningar med FDS*. Föreningen för brandteknisk ingenjörsvetenskap.
- Björn Karlsson, J. G. (2000). *Enclosure Fire Dynamics*. Florida: CRC Press LLC.
- Boverket. (2011). *Boverkets allmänna råd om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd, BFS 2011:27*. Yvonne Svensson.
- Drysdale, D. (2011). *An Introduction to Fire Dynamics*. Chichester, United Kingdom: John Wiley & Sons.
- Frantzich, H. (2001). *Tid för utrymning vid brand*. Brandteknik. Karlstad: Räddningsverket och Lunds tekniska högskola. Hämtat från <http://rib.msb.se/Filer/pdf/16348.pdf>
- Frieburghaus, J. (den 21 Februari 2016). Lobas Basket. (E. Mattsson, Intervjuare)
- Johansson, H. (1999). *Osäkerheter i variabler vid riskanalyser och brandteknisk dimensionering*. Lund: Brandteknik, Lunds tekniska högskola.
- Mowrer, F. W. (2016). Enclosure Smoke Filling And Fire Generated Environmental Conditions. i SFPE, *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering* (s. 1066). New York: Springer.
- Olsson, D. (2013). *Validering av utrymningsprogrammet Pathfinder*. Institutionen för Samhällsbyggnad och Naturresurser, Brandingenjörsprogrammet. Luleå: Luleå Tekniska Universitet. Hämtat från <https://pure.ltu.se/portal/files/41942541/LTU-EX-2013-41910567.pdf>
- Olsson, M. (den 17 Februari 2016). Huvudtränare. (E. Mattsson, Intervjuare)
- Purser, D. A., & McAllister, J. L. (2016). Assessment of Hazard to Occupants from Smoke, Toxic Gases, and Heat. i SFPE, *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering* (s. 2339). New York: Springer.
- SFPE. (2002). *Engineering guide to human behavior in fire*. SFPE.
- Staffansson, L. (2010). *Selecting design fires*. Lunds universitet, Brandteknik och Riskhantering. Lund: Lund tekniska högskola.

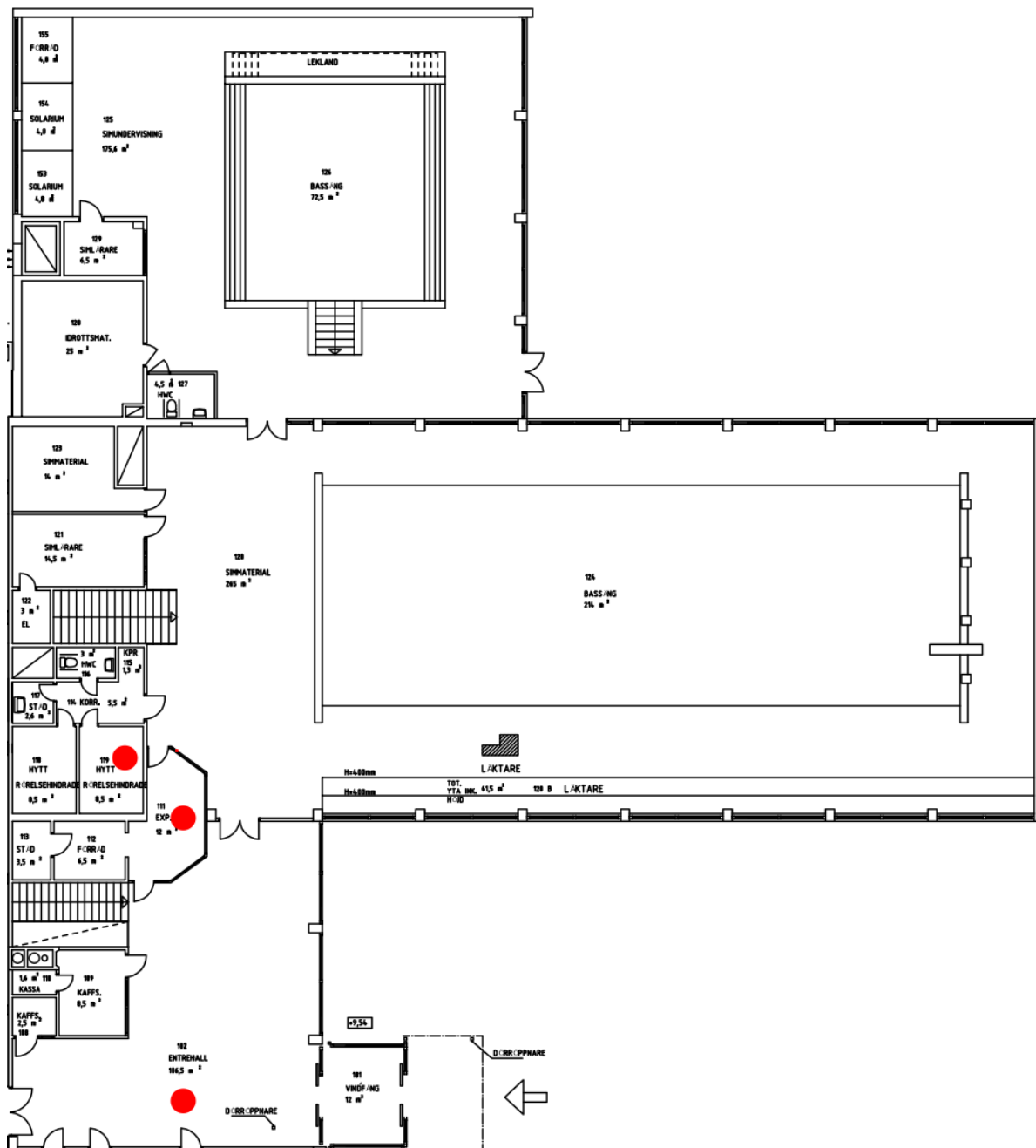
## Bilaga A – Detektorplacering samt brandritningar

Placering av detektorer på objektet. Runda cirklar visar på rökdetektorer, fyrkanter är värmedetektorer.



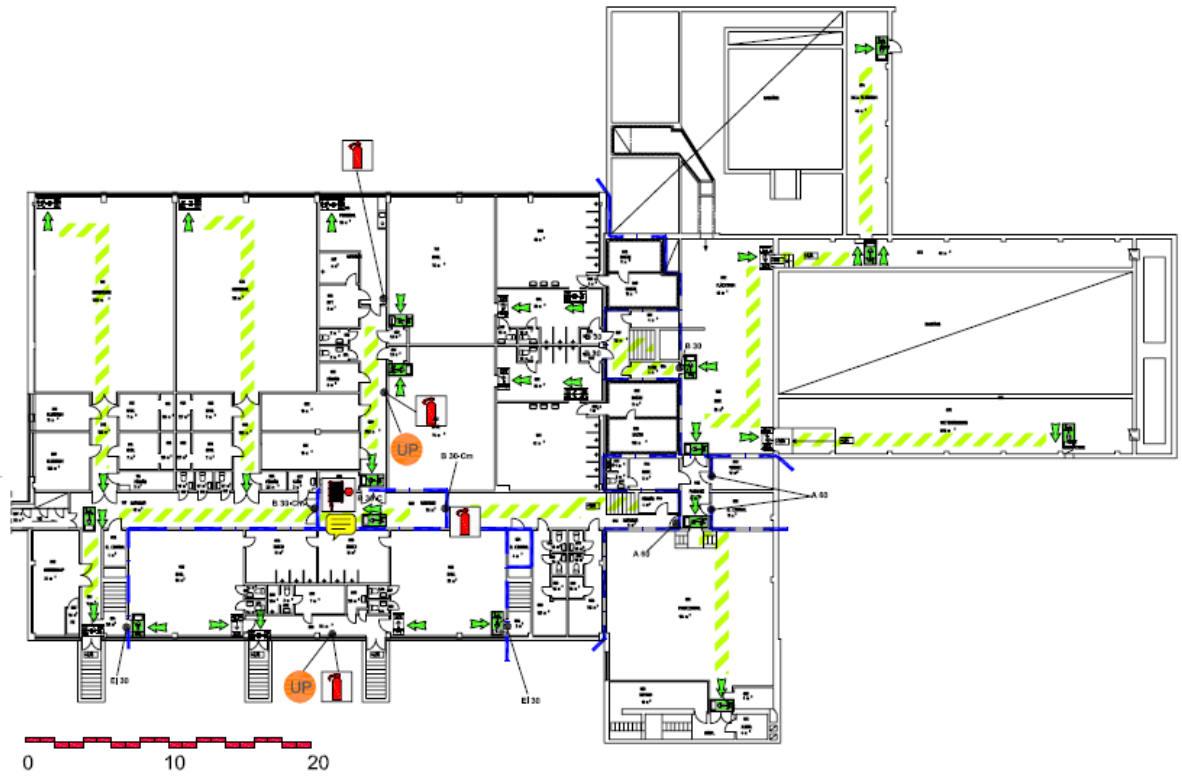
Figur 27 Placering av detektorer i sporthallen





Figur 30 Placering av detektorer i simhallen och receptionen





Figur 32 Brandrøtning plan 0

## Bilaga B – Effektkurva Reception

Försök på NIST har gjorts där man eldat upp en kiosk som återfinns i köpcentrum och liknande miljöer (Babrauskas, 2016). Receptionen antas ha liknande förbränningsegenskaper då det bland annat bedrivs försäljning av snacks och godis därifrån. Kiosken som användes vid försöken var till stor del konstruerad i trä och har därmed sannolikt en högre brandeffekt per area än vad receptionen har i detta fall. De antas dock vara den samma vilket gör att effekten överskattas.

Kioskerna som testades av NIST hade en maxeffekt kring 2 MW och en golvarea på 1,44 m<sup>2</sup> vilket blir ca 1,4 MW/m<sup>2</sup> (Babrauskas, 2016). Receptionen har enligt ritning en golvarea på 12 m<sup>2</sup> vilket ger en total maxeffekt på 16,8 MW. Den effekten förutsätter dock en bränslekontrollerad brand. Då kiosken innehåller väldigt mycket bränsle anses branden inte kunna bli bränslekontrollerad. Detta medför att beräkningar för en ventilationskontrollerad brand måste göras. Maxeffekten för en ventilationskontrollerad brand beräknas enligt ekvation 1 nedan. (Staffansson, 2010):

$$\dot{Q}_{max} = 1500 \cdot A_0 \cdot \sqrt{H_0} = 1500 \cdot 2,21 \cdot \sqrt{1,3} = 3779,68 \text{ kW} \quad (\text{ekv. 1})$$

Då receptionen antas ha två öppna fönster beräknades  $A_0$  enligt ekvation 2 (Björn Karlsson, 2000)

$$A_0 = A_1 + A_2 = b_1 h_1 + b_2 h_2 = 1,3 \cdot 0,85 + 1,3 \cdot 0,85 = 2,21 \text{ m}^2 \quad (\text{ekv. 2})$$

$H_0$  beräknades enligt ekvation 3 (Björn Karlsson, 2000).

$$H_0 = \frac{(A_1 h_1 + A_2 h_2)}{A_0} = \frac{1,105 \cdot 1,3 + 1,105 \cdot 1,3}{2,21} = 1,3 \text{ m} \quad (\text{ekv. 3})$$

Branden blir alltså under dessa förhållanden ventilationskontrollerad med en effekt på ca 4,5 MW.

För det fall när en av dörrarna är öppen blir  $A_0 = 4 \text{ m}^2$  och  $H_0$  beräknas enligt ekvation 3:

$$H_0 = \frac{(A_1 h_1 + A_2 h_2 + A_3 h_3)}{A_0} = \frac{1,105 \cdot 1,3 + 1,3 \cdot 1,105 + 1,8 \cdot 2}{4} = 1,618 \text{ m} \quad (\text{ekv. 3})$$

Maximal effektutveckling blir i det fallet enligt ekvation 1:

$$\dot{Q}_{max} = 1500 \cdot A_0 \cdot \sqrt{H_0} = 1500 \cdot 4 \cdot \sqrt{1,61825} = 7632,63 \text{ kW} \quad (\text{ekv. 1})$$

Beräknad effekt med två fönster och en öppen dörr blir alltså ca 7,6 MW, en ansenlig skillnad. Detta anses också vara det fall som är mest troligt, och även mest konservativt.

För brandens tillväxt användes en  $\alpha t^2$ -modell och  $\alpha$ -värdet sattes till 0,047 kW/s<sup>2</sup> vilket motsvarar tillväxthastigheten ”fast”. Försöken med kioskerna från NIST visar att en effekt på 1000 kW uppnås efter ca 300 s vilket motsvarar tillväxthastigheten medium och ett  $\alpha$ -värde på 0,012 kW/s<sup>2</sup> (Babrauskas, 2016). Då det är osäkert hur förbränningsegenskaperna hos receptionen och kiosken som användes i NIST-försöket överensstämmer antogs en snabbare

tillväxthastighet. Tillväxthastigheten ”fast” rekommenderas för samlingslokaler i tabell 3.7 i boken *Enclosure fire dynamics*.

Den effekt som krävs för övertändning beräknades enligt Thomas ekvation (Staffansson, 2010) för övertändning:

$$\dot{Q}_{FO} = 7,8A_t + 378A_0 \cdot \sqrt{H_0} = 7,8 \cdot 94,125 + 378 \cdot 4,01 \cdot \sqrt{1,614} = 2659 \text{ kW} \text{ (ekv. 4)}$$

Ekvation 4 visar vilken effekt som krävs för att övertändning ska ske. Innan övertändningen är branden i det studerade fallet bränslekontrollerad. Efter övertändning antas effekten vara lika med maxeffekten och en ventilationskontrollerad brand uppstår, se tidigare beräkningar. Ekvationen beräknar den effekt som krävs för att uppnå 600 grader, vilket brukar vara ett kriterium för övertändning.

Övertändning antas ske direkt när denna effekt uppnås, vilket i sig är konservativt, och tiden till övertändning beräknas då enligt:

$$t = \sqrt{\frac{Q_{FO}}{\alpha}} = \sqrt{\frac{2659}{0,047}} = 238 \text{ (ekv. 5)}$$

Vid den beräknade tiden för övertändning ligger brandgaslagrets temperatur enligt slicefile på mellan 500°C och 900°C. Enligt (Björn Karlsson, 2000) kan övertändning förväntas ske mellan 500-600°C, varför det beräknade värdet för tid till övertändning kan anses vara rimligt.



## Bilaga C - Effektkurva Redskapsutrymme

För brandscenariot i sporthallen har en effektkurva gjorts för en eventuell brand i redskapsutrymmet. Vid beräkningarna av effektkurvan måste det först kontrolleras om branden är bränsle- eller ventilationskontrollerad. Först gjordes beräkningar för en ventilationskontrollerad brand.

$A_0 = 6 \text{ m}^2$  Arean på öppningen till redskapsutrymmet

$H_0 = 2 \text{ m}$  Höjden på öppningen till redskapsutrymmet

Med hjälp av dimensionerna av öppningen kan maxeffekten tas fram enligt ekvationen 1 nedan.

$$\dot{Q}_{max} = 1500 \cdot A_0 \cdot \sqrt{H_0} = 1500 \cdot 6 \cdot \sqrt{2} = 12728 \text{ kW} \approx 12,7 \text{ MW} \quad (\text{ekv. 1})$$

Efter detta gjordes beräkningar och antaganden för att få fram en maxeffekt för en bränslekontrollerad brand se nedan:

Under besöket noterades mängden och typen materialet i redskapsutrymmet se tabell 11 nedan. Allt trämaterial räknades om som träplintar och därefter gjordes antagandet att en träplint motsvarade en "Chest of drawers" (Björn Karlsson, 2000). Golvarean och effekt per ytenhet uppskattades och beräknades enligt tabell 11.

Ekvationen som används för att räkna ut maxeffekten för en bränslekontrollerad brand lyder.

$$\dot{Q}_{max} = \sum A_{tot} \cdot \dot{Q}'' \quad (\text{ekv. 6})$$

Tabell 11 Inputdata för objekt i redskapsutrymmet

| Objekt                    | Objekt i EFD Tab 3.6 | Antal | $A_{del}$ | $A_{tot}$ | $\dot{Q}''$ | $\dot{Q}_{max}$ |
|---------------------------|----------------------|-------|-----------|-----------|-------------|-----------------|
| Träplint                  | "Chest of drawers"   | 4     | 0,7475    | 2,99      | 2550        | 7624,5          |
| 6 Småplintar = 1 Träplint | "Chest of drawers"   | 1     | 0,7475    | 0,7475    | 2550        | 1906,125        |
| 2 Bockar = 1 Träplint     | "Chest of drawers"   | 1     | 0,7475    | 0,7475    | 2550        | 1906,125        |
| Tjockmatta                |                      | 2     |           |           |             | 695             |

Då maxeffekterna för varje material beräknats fram summerades alla ihop till den totala maxeffekten vilket blir:

$$\dot{Q}_{max} = 7624,5 + (2 \cdot 1906,125) + 695 = 12131,75 \text{ kW} \approx 12,1 \text{ MW} \quad (\text{ekv. 7})$$

Resultatet av beräkningarna ovan ger att branden i redskapsutrymmet blir bränslekontrollerad då 12,1 MW är mindre än 12,7 MW. Effekterna skiljer sig dock inte mycket och stora osäkerheter finns i framförallt det bränslekontrollerade fallet då det är skapat av sammanställning av uppskattade bränslepaket. Effekttutvecklingarna är även höga och det är troligt att en brand i utrymmet ej skulle uppnå dessa värden, dessa värden är dock

konservativa och en brand kommer med största sannolikhet inte överstiga denna effekt. Övertändning vid bränslekontrollerad brand är ovanligt men då effektutvecklingarna för både ventilations- och bränslekontrollerad brand ligger nära varandra antogs detta ändå ske då det ger ett snabbare brandförlopp.

För tillväxten användes en  $\alpha t^2$ -kurva med tillväxthastighet "fast" vilket ger  $\alpha = 0,047$  (Björn Karlsson, 2000). Detta antagande byggde på att mesta delen av materialet i redskapsutrymmet bestod utav trä vilket kommer bidra till en snabb tillväxt. Dessutom stod sakerna tätt placerade vilket innebär hög återstrålning och snabb tillväxt.

Effekten som krävs för övertändning beräknades enligt ekvation 4 och övertändning antogs inträffa så fort den effektutvecklingen uppnåddes. Precis som tidigare beräkningar i bilaga B är denna beräkning konservativ. Detta medför att effekten för övertändning blir:

$A_0 = 6 \text{ m}^2$                       Arean på öppningen till redskapsutrymmet

$H_0 = 2 \text{ m}$                         Höjden på öppningen till redskapsutrymmet

$A_t = 105,6 \text{ m}^2$                 Omslutningsarea

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{FO} &= 7,8 \cdot A_t + 378 \cdot A_0 \cdot \sqrt{H_0} = & \text{(ekv. 4)} \\ 7,8 \cdot 105,6 + 378 \cdot 6 \cdot \sqrt{2} &\approx 4031 \text{ kW} \approx 4 \text{ MW} \end{aligned}$$

Innan denna effekt uppnås är branden bränslekontrollerad, efter övertändning blir branden dock ventilationskontrollerad enligt FDS simuleringar. Effekten efter övertändning anses vara konstant, se tidigare beräkningar.

Med hjälp av resultatet från ekvation 4 kan tiden till övertändning beräknas:

$$t = \sqrt{\frac{Q_{FO}}{\alpha}} = \sqrt{\frac{4031}{0,047}} = 293 \text{ s} \quad \text{(ekv. 5)}$$

## Bilaga D - Effektkurva Bastu

Effektkurvan för brandscenariot i bastun togs fram på så sätt att först kontrollerades det om det är en bränsle- eller ventilationskontrollerad brand. Beräkningarna för en ventilationskontrollerad brand gjordes enligt ekvationen 1 nedan.

$$A_0 = 1,254 \text{ m}^2 \quad \text{Arean på öppningen till bastun}$$

$$H_0 = 1,9 \text{ m} \quad \text{Höjden på öppningen till bastun}$$

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{max} &= 1500 \cdot A_0 \cdot \sqrt{H_0} = 1500 \cdot 1,254 \cdot \sqrt{1,9} = & \text{(ekv. 1)} \\ &2592,77957 \text{ kW} \approx 2,6 \text{ MW} \end{aligned}$$

Här antogs den självstängande dörren mellan basturna och duschutrymmet utanför vara öppen.

Sedan beräknades maxeffekten för bränslekontrollerad brand, se ekvationerna och antagandena nedan.

Här räknades all trä i bastun ihop och antogs motsvara "Stack of burning woodpallets" som enligt tabell 3.1 i *Enclosure fire dynamics* (Björn Karlsson, 2000) har en maxeffekt på ca 7 MW. Branden antas alltså bli ventilationskontrollerad då syretillförseln genom dörröppningen ej är tillräckligt för att försörja en brandeffekt på 7 MW. Effekten som krävs för övertändning enligt ekvationen 4 nedan.

$$A_0 = 1,254 \text{ m}^2 \quad \text{Arean på öppningen till redskapsutrymmet}$$

$$H_0 = 1,9 \text{ m} \quad \text{Höjden på öppningen till redskapsutrymmet}$$

$$A_t = 54,798 \text{ m}^2 \quad \text{Omslutningsarea}$$

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{FO} &= 7,8 \cdot A_t + 378 \cdot A_0 \cdot \sqrt{H_0} = & \text{(ekv. 4)} \\ &7,8 \cdot 54,798 \cdot 1,254 \cdot \sqrt{1,9} = 1080,80 \text{ kW} \approx 1 \text{ MW} \end{aligned}$$

Efter detta användes en  $\alpha t^2$ -modell för att få fram effektkurvan. I detta scenario sattes  $\alpha = 0,19$  vilket motsvarar en tillväxthastighet ultra fast. Detta  $\alpha$ -värde antogs till ultra fast då bastun endast består utav uppvärmt trä samt har träpanel på såväl väggar som tak vilket kommer ge en mycket snabb flamspridning. Här efter kunde effektkurvan tas fram.

## Bilaga E - Valideringar av FDS

De valideringar som beskrivs i kapitel 8.1 med beräkning av  $D^*$  samt  $Q^*$  skedde enligt ekvationer nedan, vilka hämtats från tillämpningsdokumentet (BIV, 2013).

Beräkning av  $\dot{Q}^*$ , vilket syftar till att bedöma effektutvecklingen i förhållande till brandens area, räknas ut genom följande ekvation:

$$\dot{Q}^* = \frac{\dot{Q}}{\rho_{\infty} \cdot c_p \cdot T_{\infty} \cdot \sqrt{D \cdot g \cdot D^2}} \quad (\text{ekv. 8})$$

Där

$\dot{Q}$  är effektutvecklingen i W

$\rho_{\infty}$  är densiteten på omgivande luft, 1,2 kg/m<sup>3</sup>

$c_p$  är värmekapaciteten för luft, 1000 J/kgK

$T_{\infty}$  temperaturen på omgivande luft, 293 K

$g$  är gravitationskonstanten, 9,81 m/s<sup>2</sup>

$D$  är ekvivalent bränslediameter, (2,57 m<sup>2</sup> scenario 5, 4,04 scenario 3)

Detta gav följande ekvation för scenario 5:

$$\dot{Q}^* = \frac{7800000}{1,2 \cdot 1000 \cdot 293 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 2,57 \cdot 2,57^2}} \approx 0,67 \quad (\text{ekv. 8})$$

För scenario 3 blev ekvationen:

$$\dot{Q}^* = \frac{12000000}{1,2 \cdot 1000 \cdot 293 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 4,04 \cdot 4,04^2}} \approx 0,33 \quad (\text{ekv. 8})$$

Nästa beräkning som utfördes var  $D^*$ , vilket syftar till att beräkna så att meshen omkring branden är tillräckligt upplöst. Det görs genom följande ekvation:

$$D^* = \frac{\dot{Q}}{\rho_{\infty} \cdot c_p \cdot T_{\infty} \cdot \sqrt{g}}^{2/5} \quad (\text{ekv. 9})$$

Där

$\dot{Q}$  är effektutvecklingen i W

$\rho_{\infty}$  är densiteten på omgivande luft, 1,2 kg/m<sup>3</sup>

$c_p$  är värmekapaciteten för luft, 1000 J/kgK

$T_{\infty}$  temperaturen på omgivande luft, 293 K

$g$  är gravitationskonstanten, 9,81 m/s<sup>2</sup>

Om det är tillräckligt upplöst ska kvoten  $D^*/\delta x$  ligga mellan 10-20. I denna rapport motsvarar  $\delta x=0,2$ , då inga andra cellstorlekar används detta ger följande resultat:

Scenario 5:

$$D^* = \frac{7800000}{1,2 \cdot 1000 \cdot 293 \cdot \sqrt{9,81}}^{2/5} \approx 2,19 \quad (\text{ekv. 9})$$

Vilket ger  $D^*/\delta x = 10,94 \approx 11$

För scenario 3 blir resultatet följande:

$$D^* = \frac{12000000}{1,2 \cdot 1000 \cdot 293 \cdot \sqrt{9,81}}^{2/5} \approx 2,6 \quad (\text{ekv. 9})$$

Vilket ger  $D^*/\delta x = 12,999 \approx 13$

Slutsatsen av valideringsundersökningarna är att värdena för  $D^*$  och  $\dot{Q}^*$  är godkända och ligger inom rätt intervall. Därför kan det konstateras att simuleringarna visar relativt rimliga värden.

## Bilaga F - Utrymningssimuleringar

Här redovisas de inställningar som användes för utrymningssimuleringarna som gjordes i Pathfinder.

För att ta hänsyn till människors olika gånghastigheter användes en normal-fördelning på den ansatta gånghastigheten. Medelgånghastigheten sattes till 1.19 m/s (Purser & McAllister, 2016), minimigånghastigheten till 1.0 m/s, maxgånghastigheten till 1.4 m/s. Standardavvikelsen sattes till 0.1 m/s.

Tiden innan förflyttning beskrevs med en lognormal-fördelning där medelvärdet sattes till 80 sekunder (20 sekunder varseblivningstid samt 60 sekunders förberedelsetid), minimivärdet till 65 sekunder och maxvärdet till 95 sekunder. Standardavvikelsen sattes till 10 sekunder. Dessa inställningar användes i båda brandscenarierna då det i båda fallen handlar om större rum där samtliga närvarande personer är samlade och har tillgång till samma information. I båda fallen kan dessutom närvarande se branden eller brandgaser relativt snabbt. Varseblivnings- och förberedelsetiden kan i dessa fall bli kort, kring 1 minut (Frantzich, 2001).

För att få människorna i programmet att uppföra sig så realistiskt som möjligt användes olika inställningar för val av dörrar. Detta för att undvika orimliga gångvägar samt köbildningar som bedömdes som orealistiska. För de val av dörrar och gångvägar respektive personfördelningen som användes i respektive brandscenario redogörs nedan.

### Simhallen

Människor i lokalen antogs vara fördelade på följande sätt:

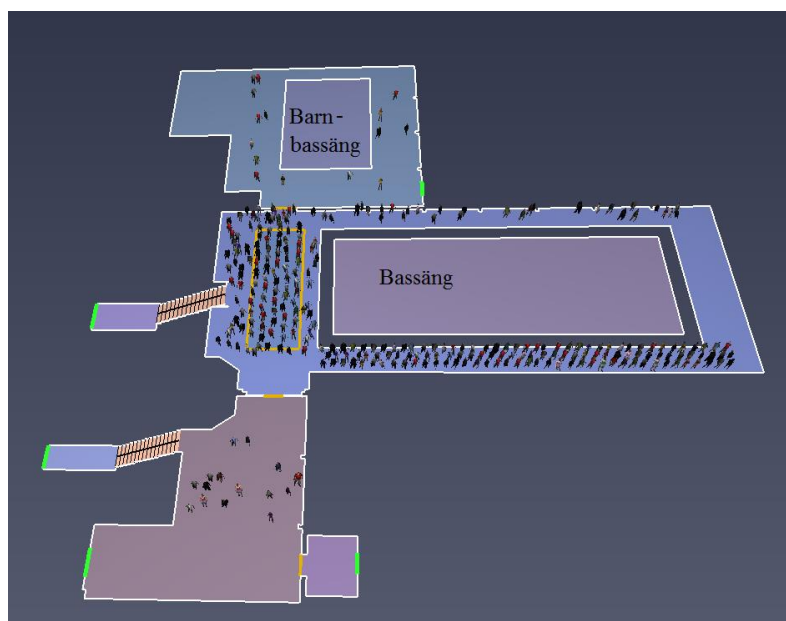
120 personer uniformt placerade på läktaren (enligt ritning har läktaren 120 sittplatser)

60 personer uniformt placerade på stolar vid kortändan av bassängen

60 personer slumpmässigt placerade vid kortändan av bassängen närmast receptionen (utanför ytan med stolar)

30 personer längs långsidan mitt emot läktaren

15 personer slumpmässigt placerade inne vid barnbassängen



Figur 33 Översikt över simhallen

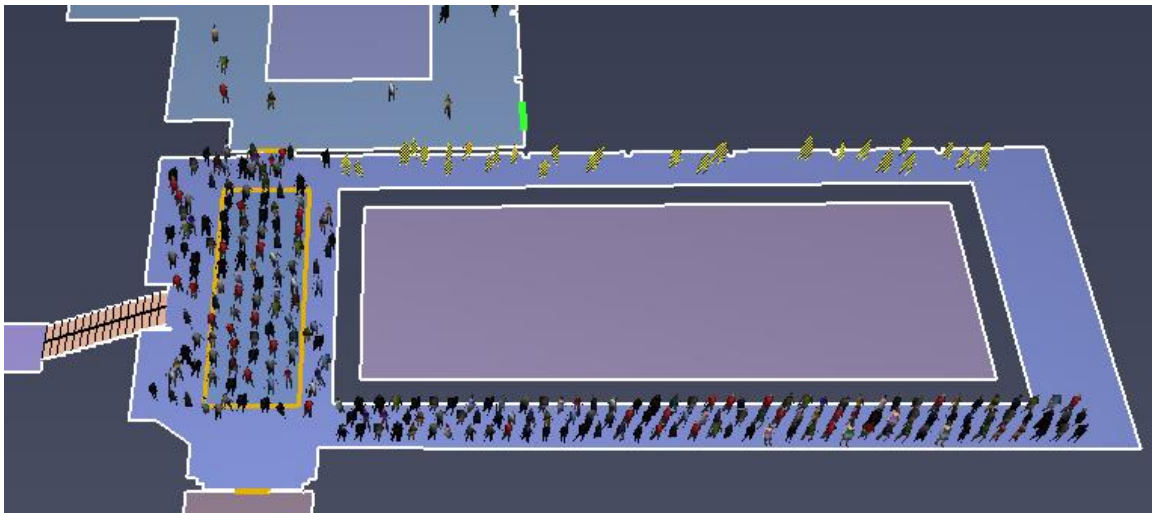
Den orangemarkerade rutan vid kortändan av bassängen avser området där stolarna är placerade vid tävling. Det ritades som ett eget rum och gånghastigheten sattes ned till 80 % då stolarna hindrar förflyttning. I simuleringarna fick det effekten att människorna undvek ytan i största möjliga mån vilket är ett troligt beteende även för människor i en utrymningsituation. De gröna strecken markerar utgångar via vilka personer som passerat anses befinna sig i säkerhet. Efter två minuter antogs personer undvika dörren mellan stora bassängen och entrén de den ligger nära branden. Personer i kvar i lokalen antogs då välja andra utrymningsvägar.

Dörrvalen för olika människor redovisas nedan:

Personer som befinner sig i entrén utrymmer via huvudentrén.

Personer som befinner sig inne vid barnbassängen antas utrymmer via utrymningsvägen där.

Personer (markerade i bilden nedan) som befinner sig på bassängens långsida mitt emot läktaren utrymmer via utgången vid barnbassängen.



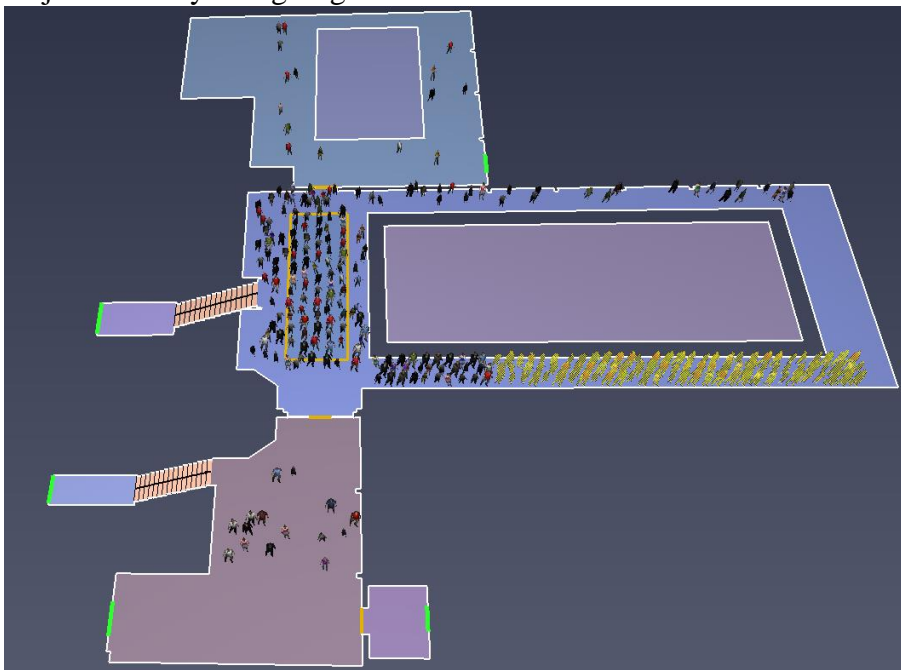
Figur 34 Översikt över simhallen där personerna vid bortre delen av bassängen är markerade

De personer (markerade i bilden nedan) inne vid bassängen som står närmast dörren mot huvudentrén utrymmer genom huvudentrén.



Figur 35 Översikt över simhallen där personerna nere i vänstra hörnet av bassängen är markerade

För de övriga personerna på läktaren (markerade i bilden nedan) antogs 50 % av dem utrymma via barnbassängen, 20 % via entrén och 30 % via trappan ner mot omklädningsrummen. Detta för att undvika köbildning vid dörren mot entrén. Köbildning där bedömdes som osannolik då det är precis bredvid branden och personer där skulle sannolikt välja andra utrymningsvägar snarare än att köa.



Figur 36 Översikt över simhallen där personerna på den nedre långsidan av bassängen är markerade

För de övriga personerna som befinner sig på stolar vid bassängens kortsida samt runt omkring dessa (markerade i bilden nedan) antogs följande:

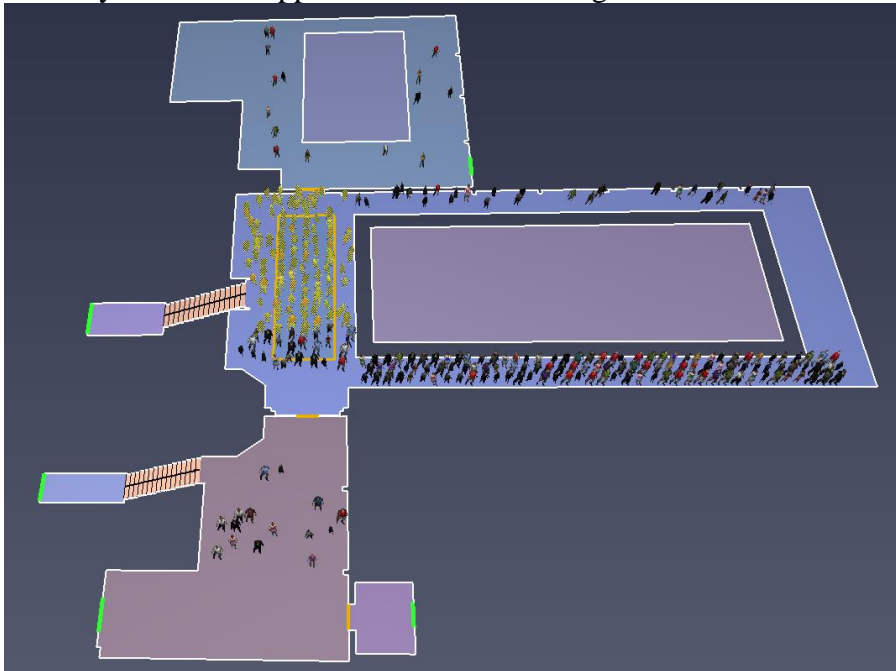
34 % utrymmer via barnbassängen

28 % utrymmer via obestämd väg vilket innebär att programmet beräknar kortaste gångväg



19% utrymmer via huvudentrén

19% utrymmer via trappan ner mot omklädningsrummen



Figur 37 Översikt över simhallen där personerna på den vänstra kortsidan av bassängen är markerade

10 simuleringar utfördes med dessa inställningar där människornas egenskaper slumpades mellan varje simulering. Detta då gånghastigheten beskrevs med en normalfördelning och tiden innan förflyttning beskrevs med en lognormal-fördelning och dörrvalen fördelades procentuellt i vissa grupper. Genom att göra flera simuleringar och slumpa ut värdena mellan människorna varje gång erhöles ett medelvärde på den totala utrymningstiden. Resultaten redovisas i tabellen nedan:

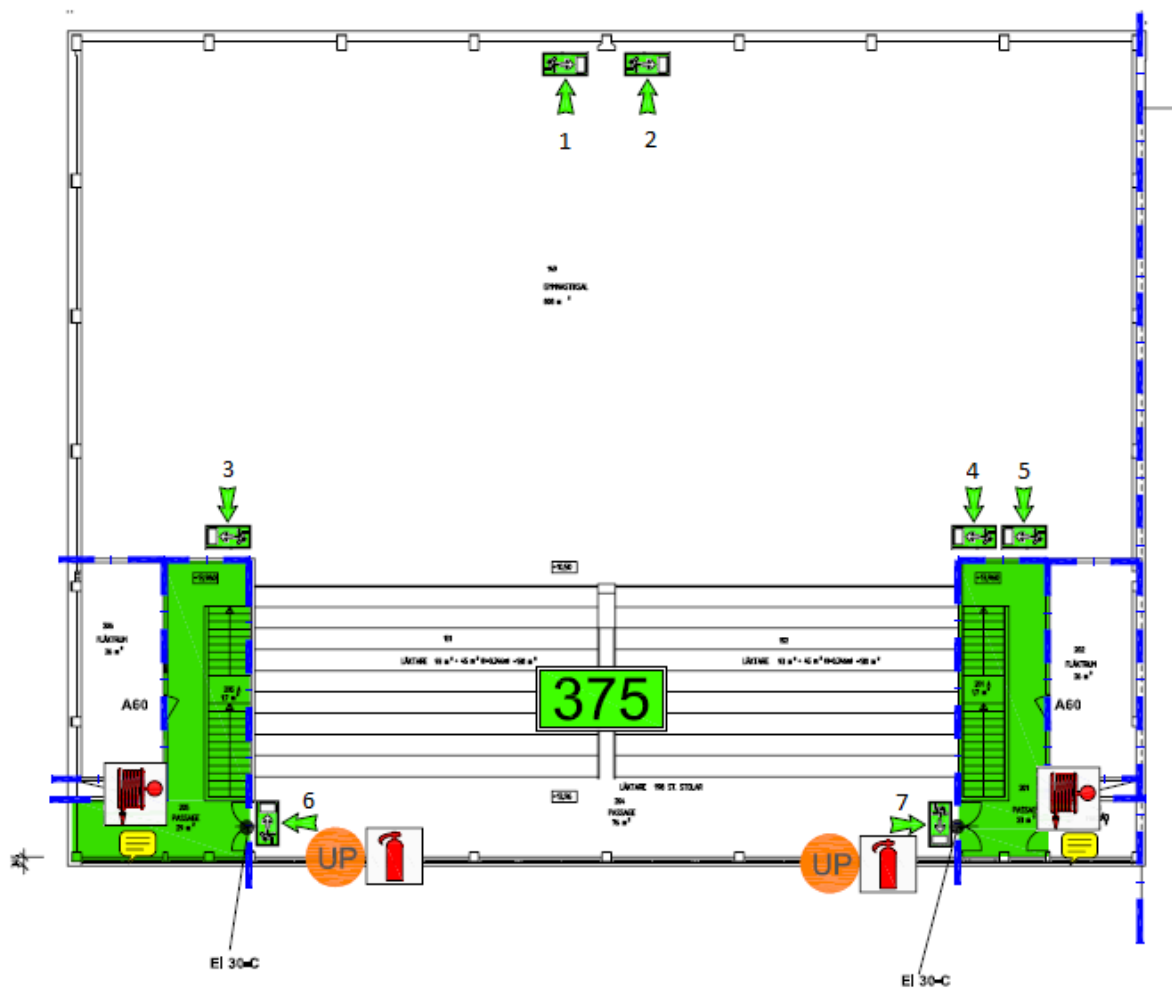
Tabell 12 Samtligt slumpade resultat för utrymningssimuleringar i simhallen

| Simulering | Tid  |
|------------|------|
| 1          | 2:57 |
| 2          | 2:51 |
| 3          | 2:50 |
| 4          | 2:55 |
| 5          | 2:54 |
| 6          | 2:55 |
| 7          | 2:54 |
| 8          | 2:57 |
| 9          | 2:54 |
| 10         | 2:54 |

Medelvärdet av simuleringarna blev då efter avrundning 2:54.

## Sporthallen

Utrymningsvägarna i sporthallen är utlagda enligt bild nedan.



Figur 38 Möjliga utrymningsvägar i sporthallen

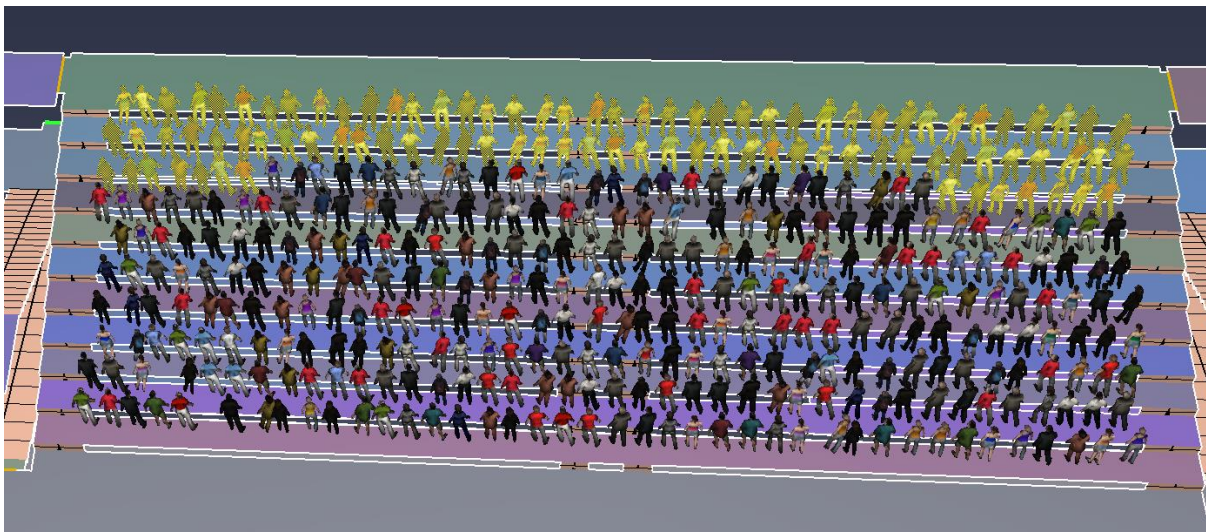
Utgångarna högst upp på läktaren visas nedan.

I sporthallen antogs 400 personer befinna sig på läktaren samt 20 personer på planen. Människorna delades in i grupper och tilldelades olika dörrval utefter var de befann sig. Efter 2 minuter antogs personerna i lokalen ej längre vilja använda dörren nere till höger om läktare då den befinner sig nära branden och personer i lokalen antogs då välja andra utrymningsvägar.

Dörrvalen redovisas nedan:

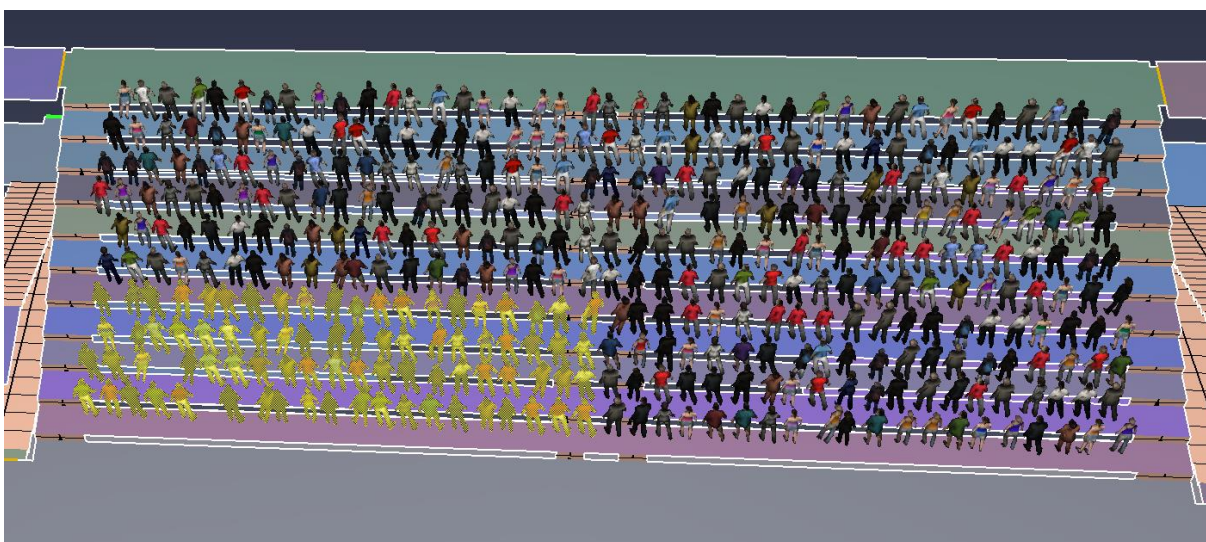
Personerna som befinner sig på planen utrymmer via dörrarna 1 och 2 på planen mitt emot läktaren.

Personerna överst på läktaren (markerade i bilden nedan) utrymmer via dörrarna ovanför läktaren. De på höger sida genom den högra dörren och de till vänster genom den vänstra.



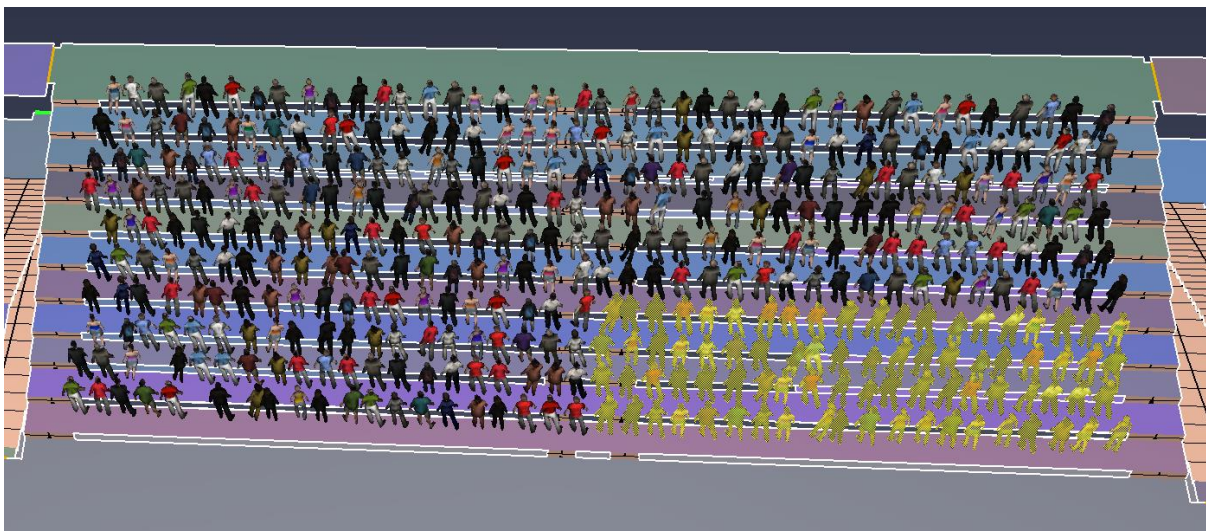
Figur 39 Översikt över läktaren i sporthallen där personerna längst upp är markerade

Av personerna nere till vänster på läktaren (markerade i bilden nedan) utrymmer 80% via dörrarna nere till vänster om läktaren och 20% genom dörrarna på andra sidan planen från läktaren sett.



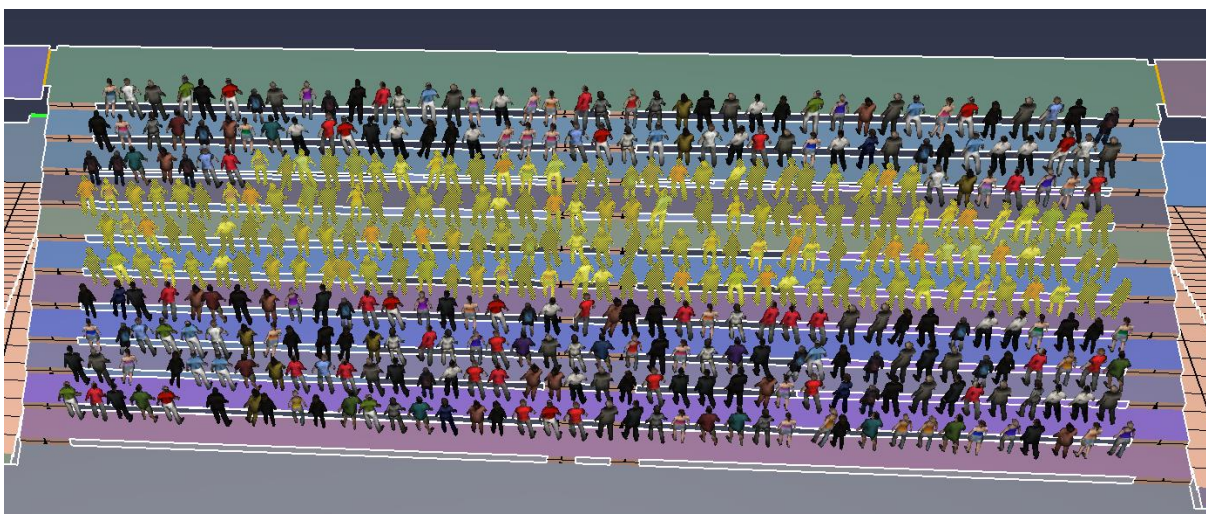
Figur 40 Översikt över läktaren i sporthallen där personerna nere till vänster är markerade

Av personerna nere till höger på läktaren (markerade i bilden nedan) utrymmer 50% via dörren nere till höger om läktaren och 50% genom dörrarna på andra sidan planen från läktaren sett. Anledningen till skillnaden i fördelningen mellan de två grupperna nere till vänster respektive höger på läktaren är att dörren nere till höger om läktaren ligger nära branden och färre förväntas utrymma via den.



Figur 41 Översikt över läktaren i sporthallen där personerna nere till höger är markerade

Av de personerna som befinner sig på mittersta läktarraderna (markerade i bilden nedan) utrymmer 40% via dörrarna till vänster och höger ovanför läktaren, 30% via dörrarna till nere till vänster respektive höger om läktaren samt 30% via dörrarna på andra sidan planen från läktaren sett. Gruppen delades upp så att de till vänster går mot dörrarna på vänstra sidan och de till höger mot dörrarna på den högra.



Figur 42 Översikt över läktaren i sporthallen där personerna på den mellersta raden är markerade

10 simuleringar utfördes med dessa inställningar där människornas egenskaper slumpades mellan varje simulering. Resultatet redovisas i tabellen nedan.

Tabell 13 Samligt slumpade resultat för utrymningssimuleringar i simhallen

| <b>Simulering</b> | <b>Tid</b> |
|-------------------|------------|
| <b>1</b>          | 2:59       |
| <b>2</b>          | 2:52       |
| <b>3</b>          | 2:56       |
| <b>4</b>          | 3:00       |
| <b>5</b>          | 2:55       |
| <b>6</b>          | 3:01       |
| <b>7</b>          | 2:51       |
| <b>8</b>          | 2:54       |
| <b>9</b>          | 2:57       |
| <b>10</b>         | 3:08       |

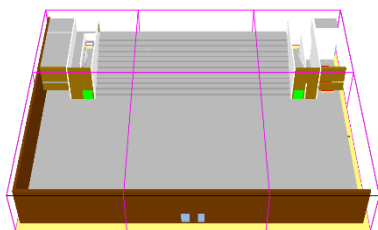
Medelvärdet blev efter avrundning 2:57. Denna tid gäller för när samtliga kommit ut ur byggnaden eller in i annan brandcell. Utrymmande personer kan dock betraktas som i säkerhet så fort de kommit ut ur själva sporthallen för vilken tiden är ca 15 sekunder kortare.



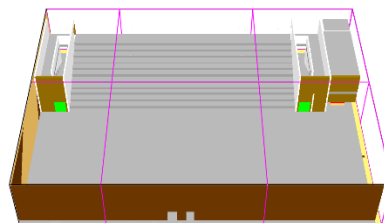
För sporthallen gjordes liknande approximation som i simhallsdelen. Där minskades golvarean på idrottsgolvet till dess verkliga storlek, för att jämföra se figur 45 och figur 46.

Simhall 2017 - 08 1200

08060912 - 08 1204



Figur 45 Geometrin av idrottshallen med rätt proportioner



Figur 46 Geometrin av idrottshallen med rätt volym

Storleksskillnaden presenteras för sporthallen i form av data och procentsatser mellan den verkliga storleken på sporthallen och den simulerade.

Tabell 15 Mått och storleksskillnader för sporthall

| Simhall                  | Rumshöjd | Area | Volym |
|--------------------------|----------|------|-------|
| <b>SIMULERAD</b>         | 6,85     | 1222 | 8371  |
| <b>VERKLIG</b>           | 6,85     | 794  | 5439  |
| <b>VERKLIG/SIMULERAD</b> | 1        | 65%  | 65%   |

Resultatet för simuleringarna blir även i sporthallen att utrymningen kommer hinna ske i båda fallen innan kritiska förhållanden hinner uppstå.

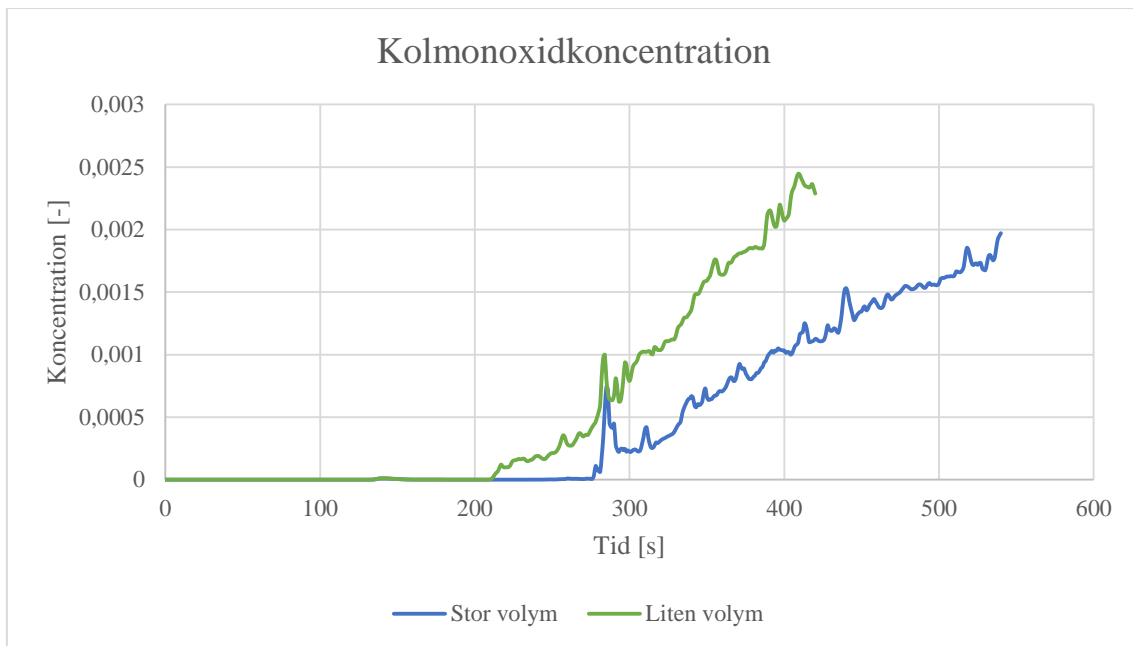
## Bilaga H – Resultat från simuleringar

I Bilaga I presenteras resultatet från de mätenheter som användes i simuleringarna. I figurerna nedan presenteras de högsta värden som uppnås för de båda fallen med stor och liten volym. I båda fallen användes flera mätenheter men endast de med högst värden visas nedan.

Placeringen av mätenheter diskuterades bland författarna för att enheterna skulle ge rimliga värden. För simhallen valdes det ställe där många kommer passera, förhållandevis nära till utrymningsvägarna. I sporthallen valdes den placering som ansågs kunna uppnå kritiska värden först. Detta för att det var intressant för rapportens syfte att se om det uppfylldes.

### Simhall

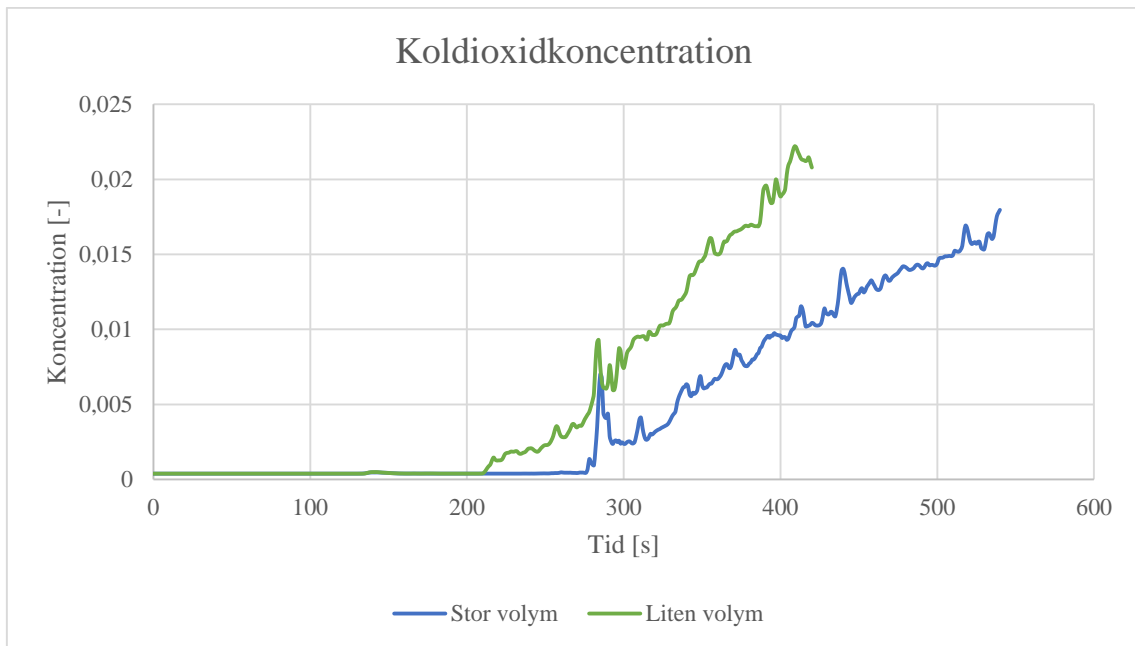
För simhallen placerades mätenheterna vid 25-metersbassängens ände, mellan dörrarna mot entrén respektive barnbassängen.



Figur 47 Kolmonoxidkoncentration

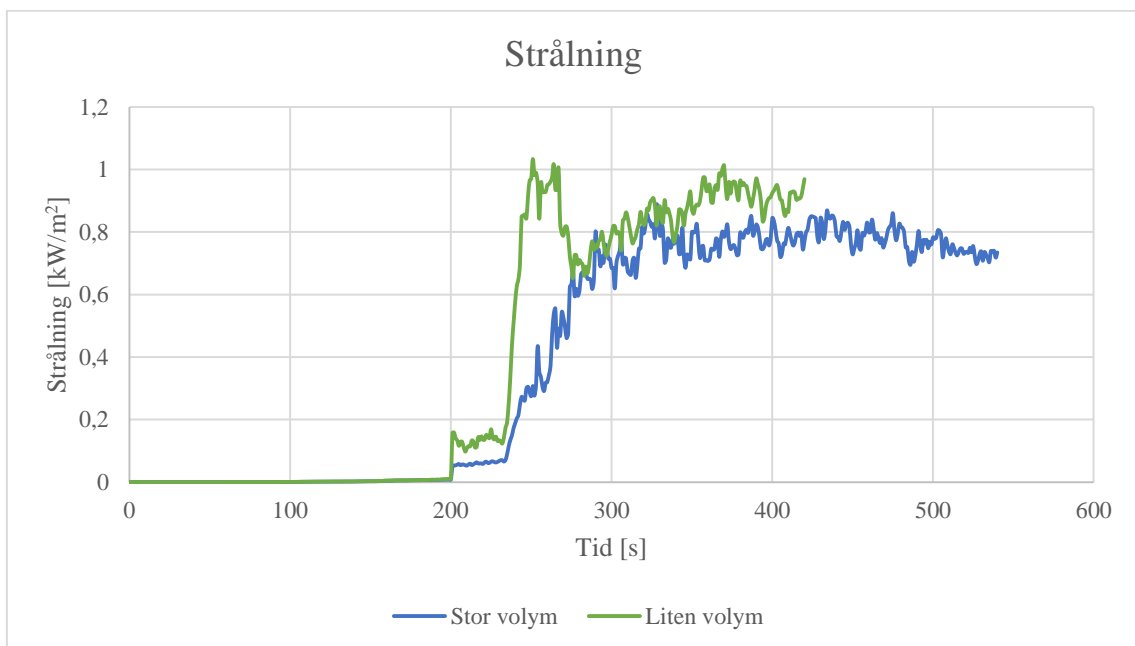
Kolmonoxidkoncentrationen i simhallen uppnås under simuleringen efter relativt lång tid då inga personer är kvar i byggnaden.





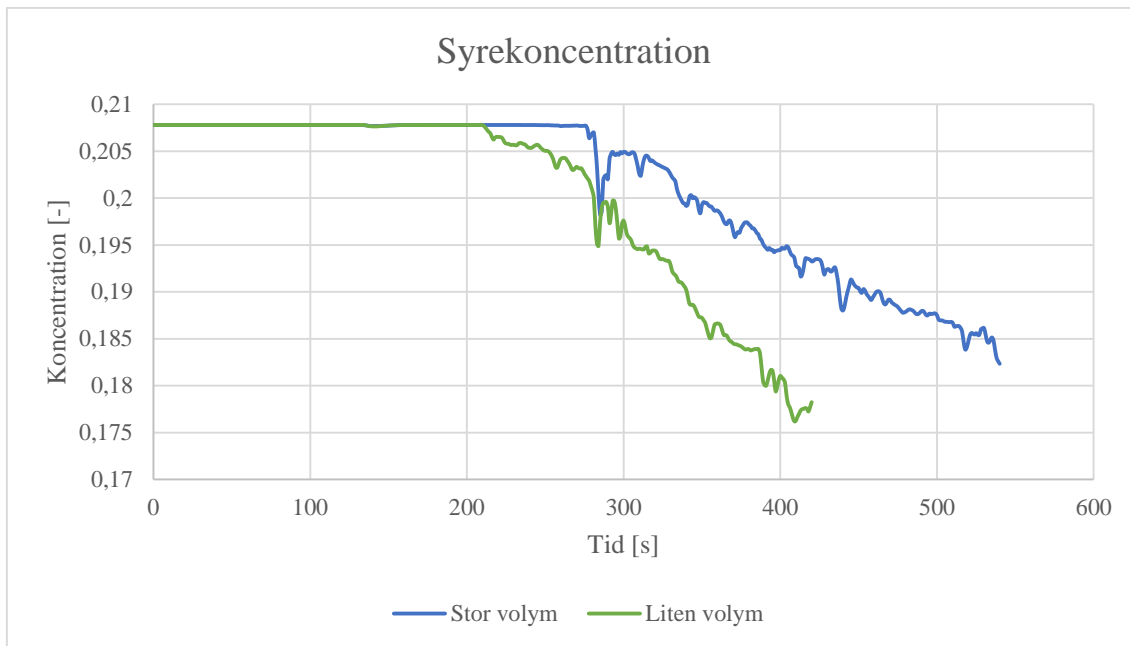
Figur 48 Koldioxidkoncentration

Koldioxidkoncentrationen i simhallen är under simuleringen aldrig i närheten av gärnsvärdet 5 %.



Figur 49 Strålningsnivå

Strålningsnivån i byggnaden ligger runt 1 kW/m<sup>2</sup>.

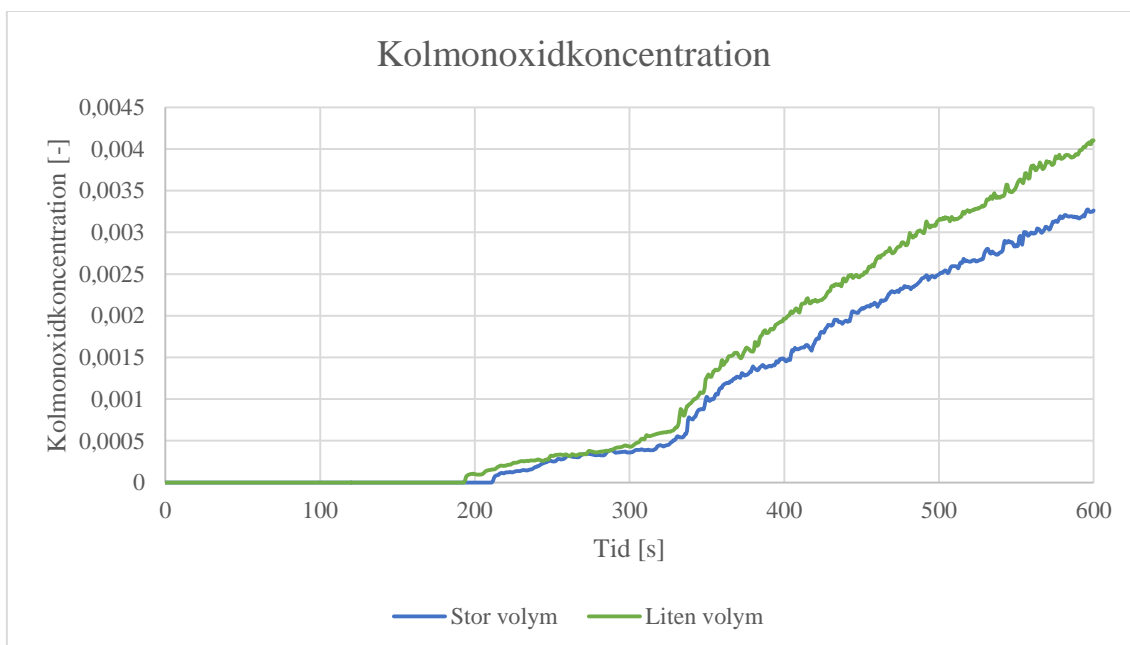


Figur 50 Syrekonzentration

Syrekonzentrationen når aldrig under 15 % under simuleringstiden.

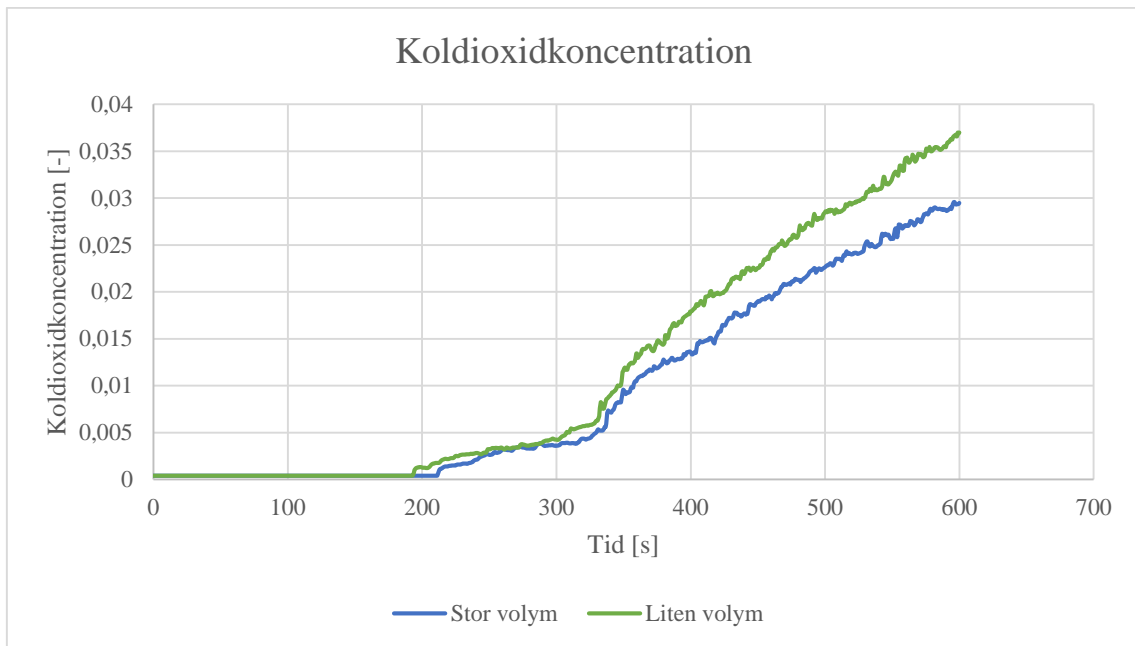
## Sporthall

Följande värden är inhämtade från de mätenheter placerade vid övre delen av läktaren.



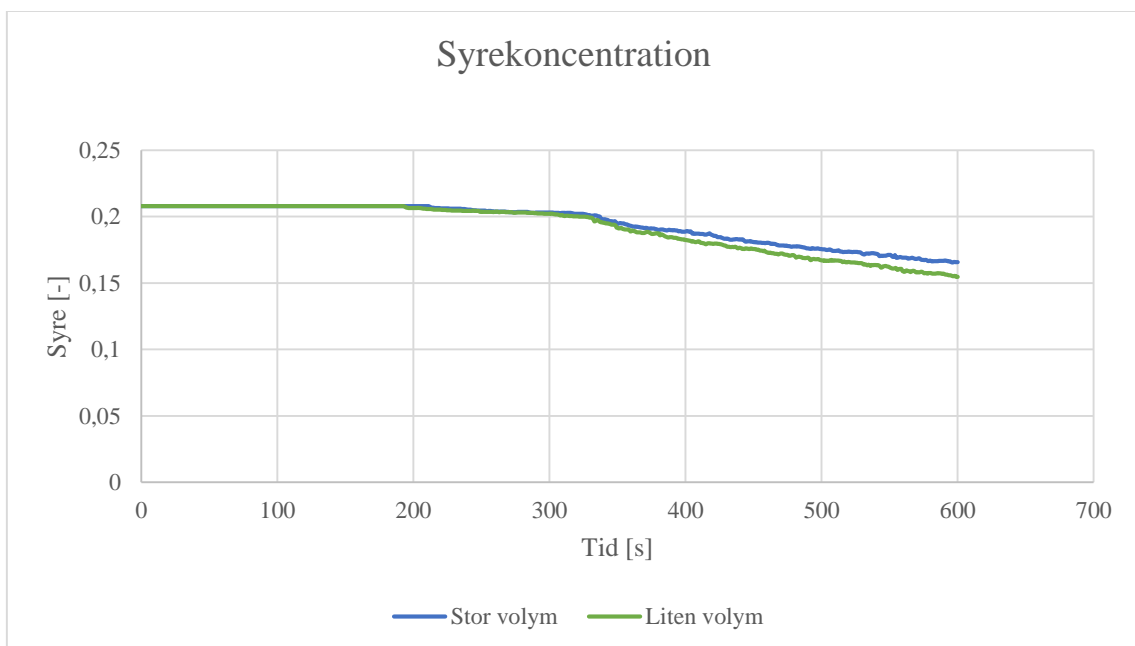
Figur 51 Kolmonoxidkoncentration

Kolmonoxidkoncentrationen i sporthallen uppnår fastställda gränsvärden, dock är det inga personer kvar i lokalen så det finns ingen fara för personskador.



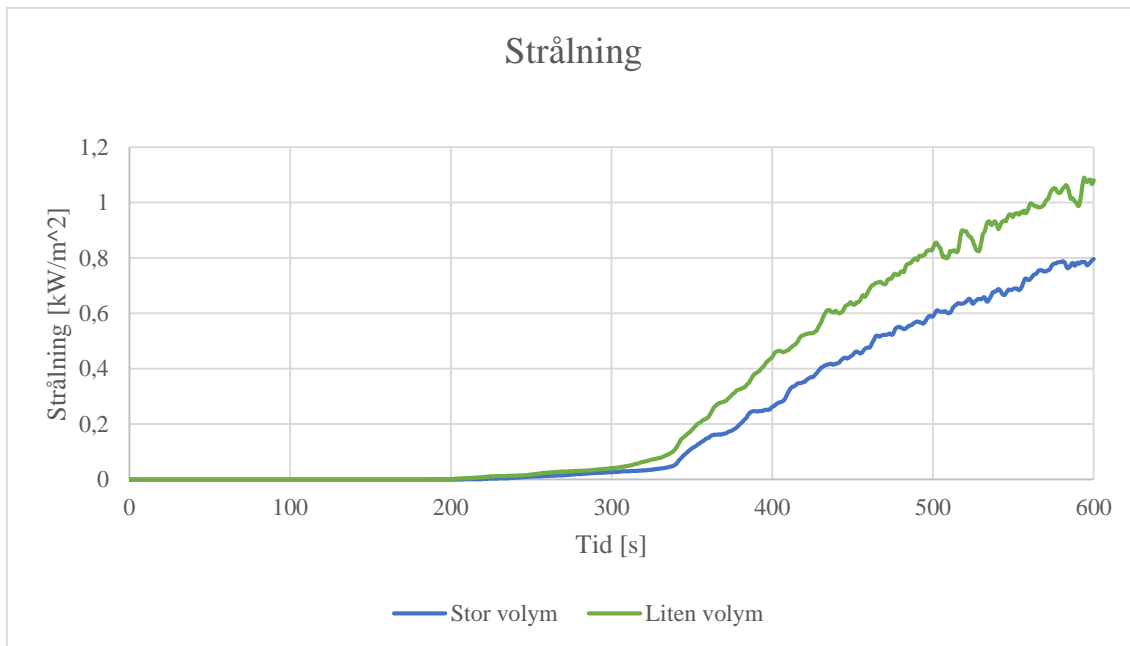
Figur 52 Koldioxidkoncentration

Koldioxidkoncentrationen uppnår aldrig fastställda gränsvärden.



Figur 53 Syrekoncentration

Nivån för syrehalten uppnås aldrig under simuleringstiden, även om det ser ut som att syrenivån är kritisk strax efter 10 minuter.

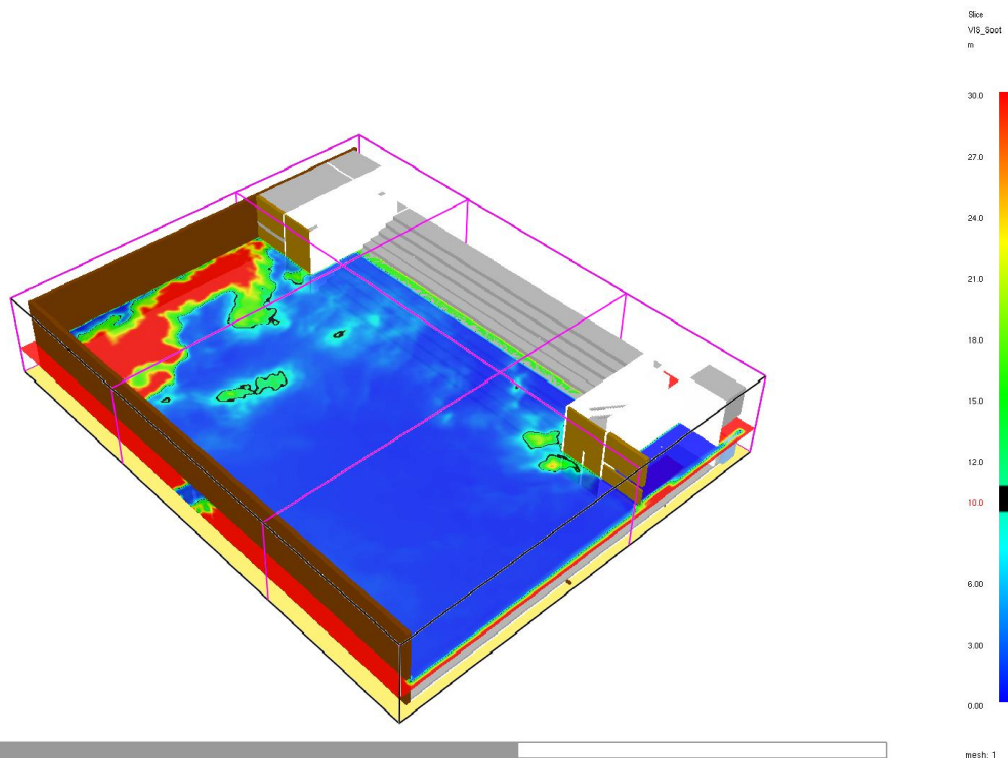


Figur 54 Strålningsnivå

De strålningsnivåer som uppnås i sporthallen är inte kritiska baserat på tidigare värden.

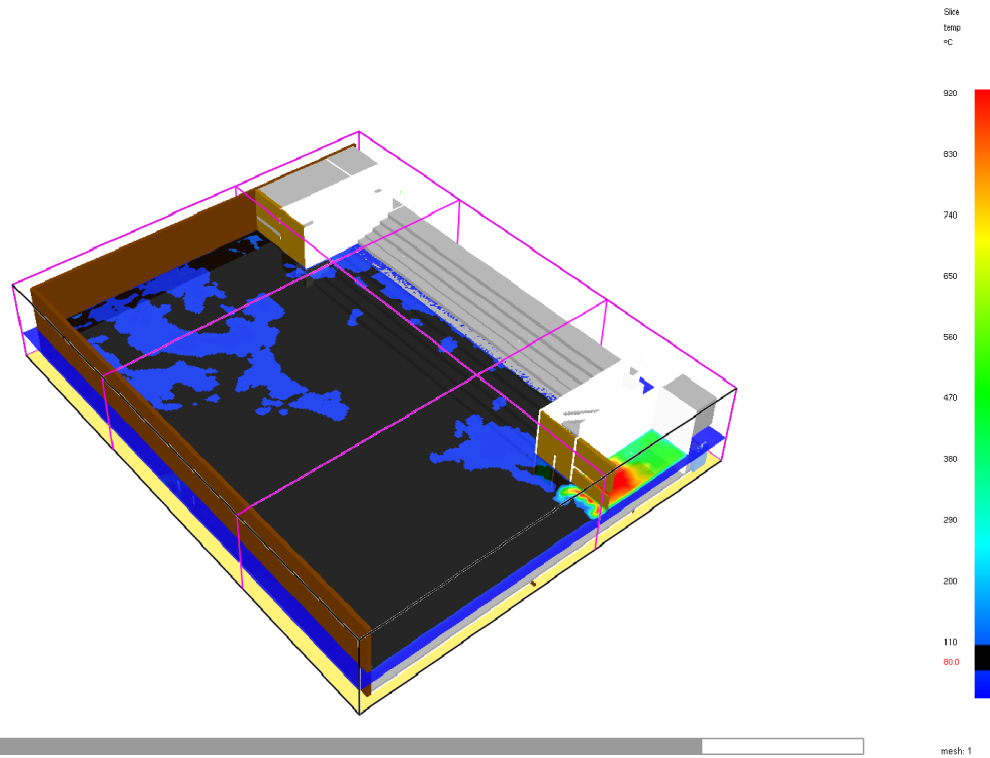
Figurerna nedan är hämtade från Smokeview och visar temperatur samt siktprofilerna i sporthallen vid golvnivå. Slicefile-bilderna är tagna från den tidpunkt då författarna ansåg att kritiska nivåer angående temperatur och sikt hade uppnåtts. Det är förrådet till höger som branden startat i.

Smokeview 6.1.12 - Oct 1 2014



Figur 55 Sikt vid golvnivå

Sikten vid 6 min och 25 sekunder på golvnivå i sporthallen



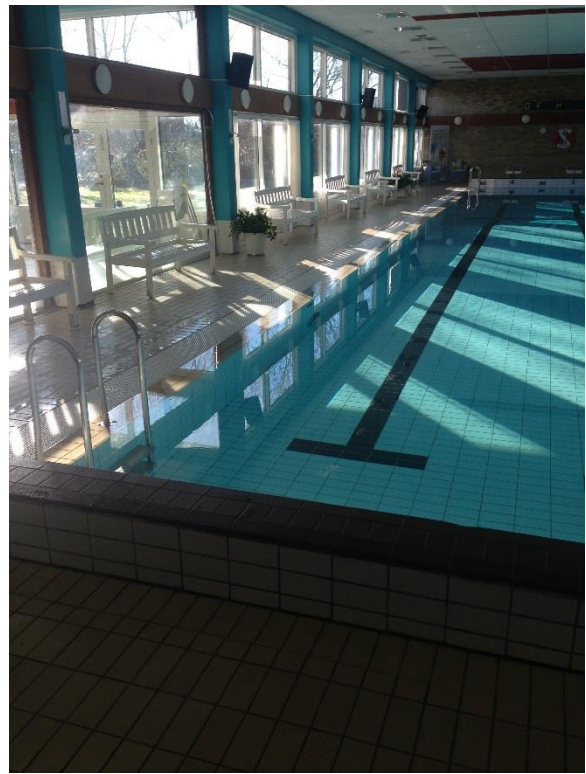
Figur 56 Temperatur vid golvnivå

Temperaturen efter ca 5 minuter i sporthallen, svart visar var temperaturen är 80 grader.

## Bilaga I – Övriga bilder på byggnaden



Figur 59 Läktare simhall



Figur 58 Bänkar mitt emot läktaren



Figur 57 Dörr mot huvudentré



Figur 60 Utrymningsväg från gym



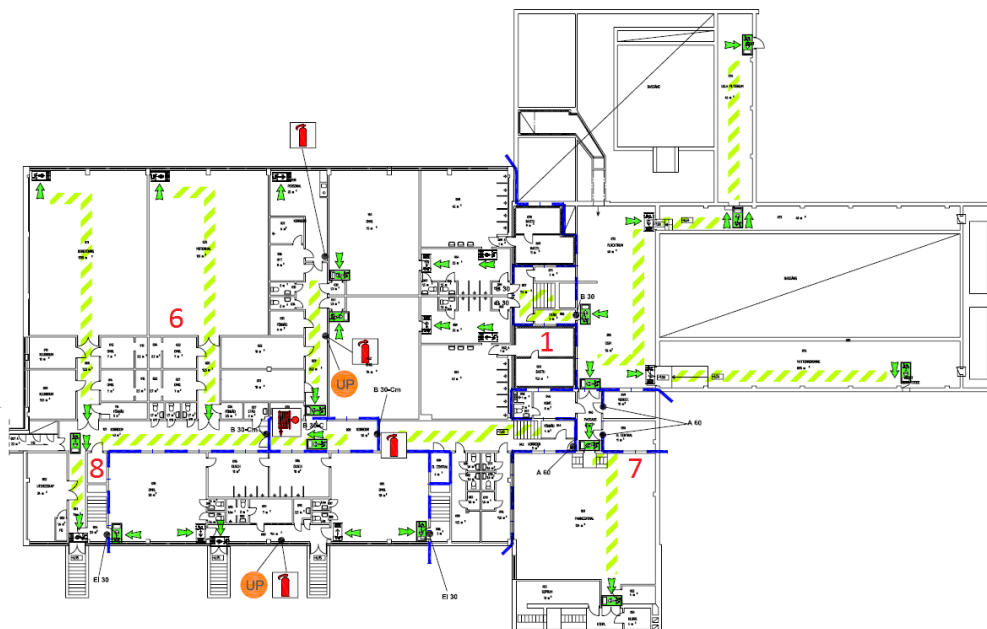
*Figur 61 Ena läktaren*



*Figur 62 Blockerad larmknapp*

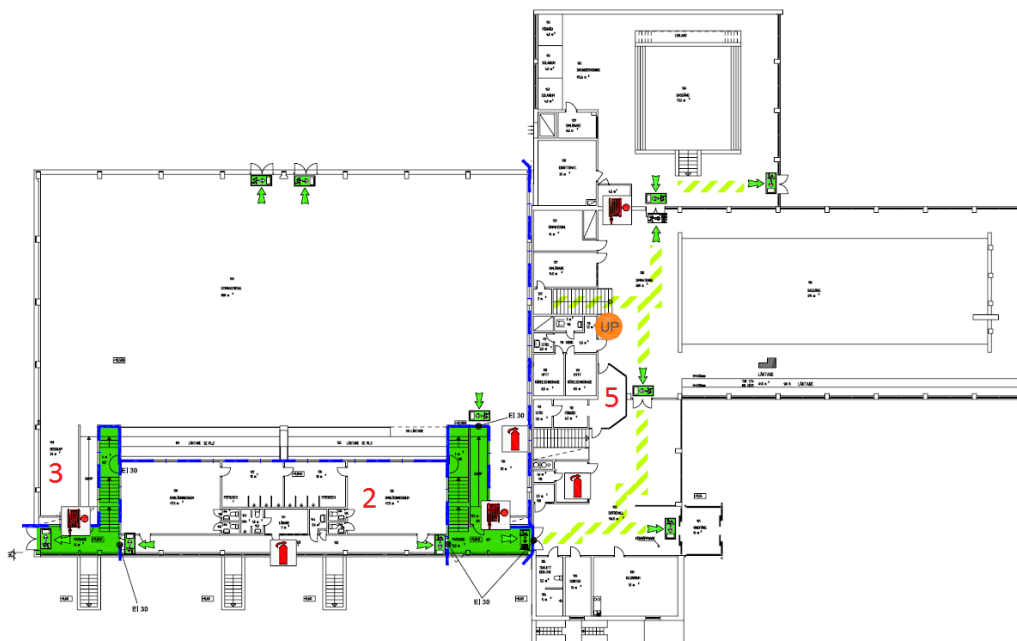
## Bilaga J – Placering utav brand

Nedan presenteras de utrymmen där brandscenariona antas starta i grafisk form. Varje brandscenario presenteras med dess nummer rödmarkerat på tänkbar startplats. På källarplan visas brandscenario 1, 6, 7 och 8.



Figur 63 Placering utav brandscenarier på källarplan

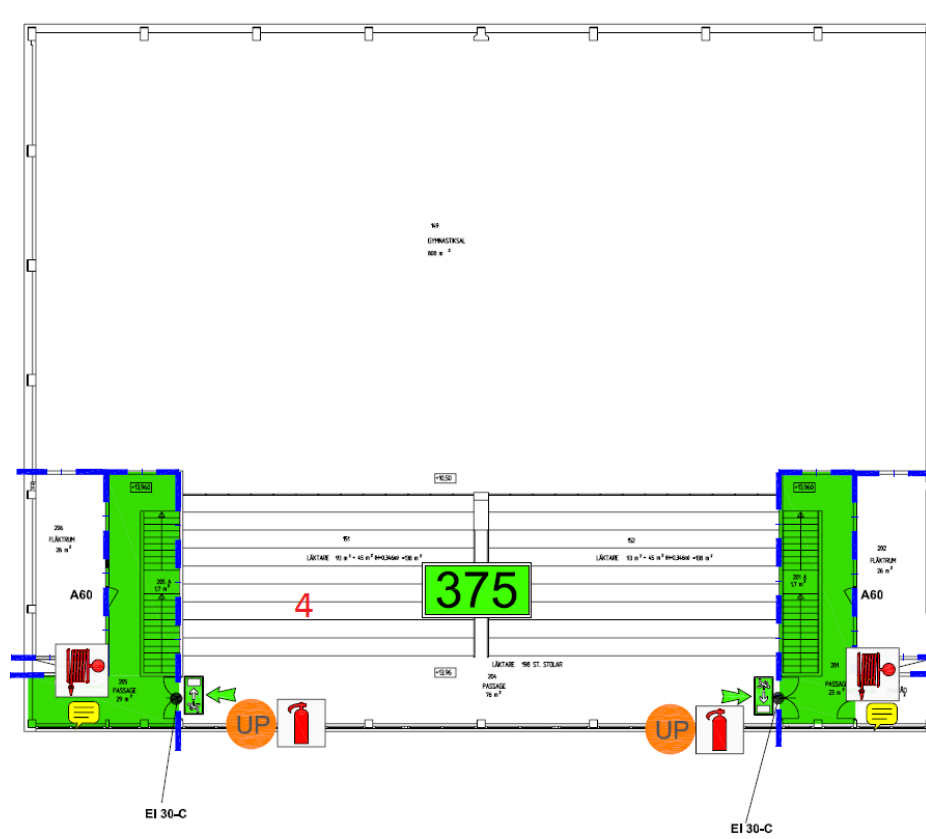
På entréplan visas brandscenario 2, 3 och 5.



Figur 64 Placering utav brandscenarier på entréplan



På läktaren visas brandscenario 4.



Figur 65 Placering utav brandscenarier på läktarplan