

Brandteknisk riskvärdering Nässjö sim- och sporthall



Fotograf Tomas Jansohn



LUNDS UNIVERSITET
Lunds Tekniska Högskola

Ida Dahlstrand
Cecilia Leman
Martin Persson
Andreas Stagnebo

Handledare:
Stefan Svensson
Datum:
2015-05-27

Rapport: 9476

Brandteknisk riskvärdering av Nässjö sim- och sporthall

Lund 2015

Ida Dahlstrand • Cecilia Léman • Martin Persson •
Andreas Stagnebo

Observera!

DENNA 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 Lund University
Box 118
221 00 Lund
Telefon: 046-222 73 60
E-post: brand@brand.lth.se
www.brand.lth.se
Fax: +46 46 222 46 12

Department of Fire Safety Engineering

Lund University
Box 118
S-221 00 Lund, Sweden
Telephone: +46 46 222 73 60
E-mail: brand@brand.lth.se
www.brand.lth.se
Fax: +46 46 222 46 12

Rapport/Report 2015

Titel/Title:

Brandteknisk riskvärdering av Nässjö sim- och sporthall/Fire safety evaluation of combined swimming pool and sports arena in Nässjö, Sweden

Författare/Authors:

Ida Dahlstrand
Cecilia Leman
Martin Persson
Andreas Stagnebo

Rapport nr/Report nr:

9476

Språk/Language:

Svenska/Swedish

Antal sidor/Number of pages:

111 (inklusive bilagor/including appendix)

Handledare/Supervisor:

Stefan Svensson

Nyckelord

Brandteknisk riskvärdering, BTR, idrottsanläggning, brandscenario, utrymning, rökfyllnad, FDS, Pathfinder

Keywords

Fire safety evaluation, BTR, sports arena, fire scenario, evacuation time, smoke filling, FDS, Pathfinder

Abstract

A fire safety evaluation has been conducted for the combined swimming pool and sports arena in Nässjö, Sweden. This has been done to evaluate the conditions that could occur during a possible evacuation due to a fire in the building.

The swimming pool and sports arena is open to the public and about once a week during basketball season there is a basketball game that attracts a lot of visitors. About 1200 people are estimated to visit the sports arena at these games.

Because of the large amount of people at the games this report has concentrated on evaluating the conditions for evacuation from the sports hall.

Three different scenarios were identified and analyzed considering evacuation safety. The results from this evaluation shows that the safety whilst evacuating is not satisfactory. The time for a complete evacuation is longer than the time it takes for the conditions in the sports hall to become critical and not acceptable for people to remain in.

Some suggestions for improving the evacuation safety were developed, the most important are listed below:

- Fire extinguishers *must* be placed on both stands
- One door, to the outside, *must* be installed on each stand.
- Door closers *must* be installed.

Sammanfattning

Denna brandtekniska riskvärdering har som mål att utvärdera personsäkerheten i Nässjö sim- och sporthall i det fall brand utbryter i byggnaden. Sim- och sporthallen består av en idrottshall med läktare för upp till 1200 personer samt en nedervåning med diverse sportlokaler och omklädningsrum. Hallen är hemmaplan för Nässjö Basket som spelar på elitnivå vilket innebär att de spelar match ungefär en gång i veckan för fullsatta läktare. Simhallen har en 25 meters simbassäng, en barnbassäng och en relaxavdelning.

Rapporten begränsas till att endast undersöka personsäkerheten i sporthallen på grund av det stora antalet människor som befinner sig inne i hallen regelbundet. Utrymnings säkerheten undersöks endast för de personer som befinner sig inne i själva hallen då det är dessa som förutsätts få svårast att utrymma. Personer som befinner sig i intilliggande rum eller på nedervåningen förutsätts inte ha några problem att utrymma snabbt och säkert.

Vid ett inledande objektbesök undersöktes eventuella risker. Brandskyddet och möjliga utrymningsvägar granskades också. Möjliga brandscenarier identifierades och utifrån dessa utfördes simuleringar i FDS för att undersöka hur förhållandena i hallen utvecklades under respektive brandförlopp som valdes att gå vidare med. Simuleringar genomfördes även i Pathfinder för att undersöka hur lång tid en utrymning skulle ta i de olika scenarierna. En jämförelse gjordes av tiderna i dessa simuleringar för att undersöka om tiden det tar att utrymma är kortare än tiden det tar för förhållandena i hallen att bli oacceptabla med hänsyn till personsäkerhet. Resultaten från simuleringarna validerades med hjälp av en känslighetsanalys där de olika parametrarna som legat till grund för simuleringarna varierades för att se hur stor påverkan de har på resultatet.

Då tiden till fullständig utrymning var längre än tiden till kritiska förhållanden, främst på grund av den stora köbildning som tidigt uppstod vid alla utgångar, i samtliga scenarier som undersöktes så ansågs inte brandskyddet vara tillfredsställande. Förslag på åtgärder utarbetades och validerades med nya simuleringar.

Förslag på åtgärder är uppbyggda av skall- och bör-krav.

Skall-krav:

- En skylt med hur många människor som maximalt får vistas i byggnaden *skall* sättas upp.
- En brandsläckare *skall* finnas på varje läktare och även på båda sidorna om branddörrarna i foajén. Placeringen av brandsläckaren i bollförrådet *skall* ses över eller kompletteras med en, från planen, mer lättåtkomlig brandsläckare. Detta *skall* göras för att mindre bränder snabbt ska kunna släckas av personer på plats innan de blir en större fara för de som befinner sig i lokalen.
- Trapporna ut mot borte utrymningsvägen *skall* ses över så att det inte hänger lösa lister. Det finns en risk att personer kan snubbla på trappstegen.
- Placeringen av utrymningsplaner *skall* ses över, alternativt flytta på objekt som täcker dem. Främst i foajén där ett större konstverk skymmer skylten. De *skall* vara lättöverskådliga.
- Dörrstängare *skall* installeras.
- Nya utrymningsvägar från läktare *skall* installeras på respektive sida.
- Nödutrymningsskyltarna som sitter ovanför utrymningsdörrarna i övre foajén *ska* bytas ut mot genomlysta eller upplysta skyltar.

Bör-krav:

- Ljussignal *bör* installeras i utrymmen där hörselskadade kan befinna sig utan direktkontakt med andra människor, till exempel i omklädningsrum och toaletter. Detta *bör* göras så de kan uppmärksammas om att en utrymning är aktuell även då de inte kan höra signalen eller se andra människor som utrymmer.
- Två utrymningsplatser *bör* dimensioneras i lokalen eller så *bör* det installeras ramper så att rullstolsburna kan ta sig ut utan assistans.
- Nödbelysning *bör* installeras på trappstegen där det finns en sannolikhet att utrymning kommer ske i mörkret. Detta görs för att undvika att folk faller i trappan.
- AV-utrustning *bör* placeras i skåp.

Förord

Vi skulle vilja tacka följande personer för hjälp under tiden arbetet har pågått med rapporten:

Stefan Svensson - Universitetslektor vid avdelningen för Brandteknik på Lunds Tekniska Högskola, för svar på de frågor och svårigheter som dykt upp samt en bra handledning.

Håkan Frantzich – Universitetslektor vid Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering på LTH, för handledning och tips.

Hampus Aronsson – Brandingenjör på Höglandets Räddningstjänst, för värdefulla tips under arbetets gång och för bra mottagande under objektbesöket.

Klas Gustavsson – Platsansvarig på objektet, för trevligt bemötande på objektbesöket och information om objektet.

Nomenklatur

A	Brandens area	m ²
A₀	Totala arean av öppningar	m ²
b	Dörrens bredd	m
c_p	Specifik värmekapacitet för omgivande luft	kJ/kg·K
D	Brandens diameter	m
D*	Karakteristisk diameter av branden	-
f	Det dimensionerade personflödet genom dörren	pers/sm
g	Gravitationskonstanten	m/s ²
ΔH_{C,Luft}	Förbränningsentalpi för luft	MJ/kg
ΔH_{eff}	Förbränningsentalpi	kJ/g
H₀	Totala höjden av öppningar	m
HRRPUA	Heat release rate per unit area	kW/m ²
l	Avståndet till utgången	m
L	Flamhöjd	m
$\dot{m}_{luft,in}$	Massflödet av luft in i utrymmet	kg/s
n	Antalet personer som ska passera dörren	pers
\dot{q}''_{brand}	Infallande strålning	kW/m ²
\dot{Q}	Brandeffekten	kW
Q_{max}	Maximal brandeffekt	kW
t	Tiden	s
t_{dörr}	Den tid det tar att passera genom dörren	s
t_{gång}	Den längsta tid det tar att gå till utrymningsvägen	s
t_{tillgänglig}	Tiden som finns tillgänglig innan kritiska förhållanden uppstår	s
t_{utrymning}	Tiden det tar att utrymma ur lokalen	s
T	Flamtemperatur	K
T_∞	Temperaturen för omgivande luft	K
v	Personens gånghastighet	m/s
a	Tillväxtkoefficienten	kW/s ²
ε	Emissivitet	-
ρ_∞	Densitet för omgivande luft	kg/m ³
σ	Stefan Boltzmanns konstant 5,67· 10 ⁻⁸	W/m ² ·K ⁴
∅	Synfaktor	-
\dot{Q}^*	Ekvivalent brandeffekt	-

Innehåll

1	Inledning	1
1.1	Syfte	1
1.2	Mål	1
1.3	Avgränsningar	1
1.4	Begränsningar	1
1.5	Metod	2
2	Objektbeskrivning.....	3
2.1	Brandcellsgränser.....	6
2.2	Konstruktion	8
2.3	Byggnadens placering	9
2.4	Antal personer i lokalen	9
3	Befintligt brandskydd.....	11
3.1	Detektion och släcksystem.....	11
3.2	Utrymningslarm	12
3.3	Utrymningsvägar.....	12
3.4	Brandgasventilation	13
3.5	Systematiskt brandskyddsarbete	14
3.6	Räddningstjänst.....	14
4	Regelverk	15
4.1	Brandtekniska klasser och övriga förutsättningar	15
4.2	Möjlighet till utrymning vid brand.....	15
4.3	Sammanfattning	17
5	Ventilation.....	19
5.1	Till- och frånluftssystem	19
5.2	Brandgasspridning via ventilationssystem.....	19
5.3	Skydd mot brandgasspridning i ventilationssystem.....	19
5.4	Objektets ventilationssystem och skydd mot brandspridning	19
6	Utrymning	21
6.1	Kritiska förhållanden	21
6.2	Utrymningstid	22
6.3	Människors beteende vid brand	23
6.4	Handberäkningar av utrymningstid.....	24
7	Simuleringsprogram.....	25
7.1	FDS	25
7.2	Pyrosim	25
7.3	Pathfinder	25

8	Riskidentifiering	27
8.1	Brandstatistik i idrottshall	27
8.2	Grovanalys	27
8.3	Riskmatris	30
8.4	Val av brandscenarier.....	30
9	Scenario 1 – Brand i läktare	31
9.1	Beskrivning	31
9.2	Effektutveckling.....	32
9.3	Simuleringsresultat gällande kritiska nivåer	33
9.4	Handberäkning strålning.....	33
9.5	Tid till utrymning.....	33
9.6	Resultat	34
9.7	Känslighetsanalys	35
9.8	Förslag på åtgärder.....	36
9.9	Sammanfattning av åtgärder	37
10	Scenario 2 – Brand i förråd	39
10.1	Beskrivning	39
10.2	Effektutveckling.....	39
10.3	Simuleringsresultat gällande kritiska nivåer	40
10.4	Tid till utrymning	40
10.5	Resultat	41
10.6	Känslighetsanalys	41
10.7	Förslag på åtgärder.....	43
10.8	Sammanfattning av åtgärder	44
11	Scenario 3 – Brand i träningslokal	45
11.1	Beskrivning	45
11.2	Effektutveckling.....	46
11.3	Simuleringsresultat gällande kritiska nivåer	46
11.4	Tid till utrymning	46
11.5	Resultat	47
11.6	Känslighetsanalys	48
11.7	Förslag på åtgärder.....	49
11.8	Sammanfattning av åtgärder	50
12	Sammanfattning åtgärder	51
12.1	Allmänt	51
12.2	Dörrstängare.....	52
12.3	Talat utrymningslarm.....	52

12.4	Färre personer i lokalen.....	52
12.5	Nya utrymningsvägar från läktare.....	52
12.6	AV-utrustning placerad i skåp	52
12.7	Diskussion av åtgärder	53
13	Sammanfattande diskussion	55
13.1	Objektet.....	55
13.2	Känslighetsanalys	56
13.3	Simuleringar.....	57
13.4	Slutsats	58
14	Litteraturförteckning	59
15	Bilaga 1 – Handberäkningar	I
16	Bilaga 2 - FDS	I
17	Bilaga 3 - Pathfinder simuleringar	I
18	Bilaga 4 – Skadekriterium.....	I
19	Bilaga 5 - Känslighetsanalys.....	I
20	Bilaga 6 – Brandcellsgränser	I
21	Bilaga 7 – FDS Indata.....	I

1 Inledning

I detta avsnitt beskrivs bakgrunden till rapporten samt mål och syfte och vilka avgränsningar som gjorts, dessutom beskrivs vilken metod som använts.

1.1 Syfte

Rapportens syfte är att genomföra en brandteknisk riskvärdering av Nässjös sim- och sporthall med fokus främst på personsäkerhet och utrymning. Rapporten kan sedan användas som stöd för räddningstjänsten i deras arbete samt utgöra underlag för kommunen i planerna på att eventuellt bygga en ny sim- och sporthall i Nässjö.

1.2 Mål

Målet med rapporten är att utvärdera personsäkerheten i samband med brand och utrymning på objektet samt att ge förslag på åtgärder om skyddet inte är tillräckligt.

1.3 Avgränsningar

Efter besök på objektet har rapporten avgränsats för att inte bli för omfattande. Då objektet är stort och består av både en sim- och en sporthall har fokus lagts på sporthallen. Detta görs för att det befinner sig ungefär 1200 personer i hallen vid basketmatcher som vanligtvis anordnas en gång i veckan under säsong och därför anses störst personfara finnas här vid en utrymning. Maxantalet som får vistas i lokalen är 1200 personer (Gustavsson, 2015). Då majoriteten av de som befinner sig i byggnaden är i sporthallen så kommer utrymningssäkerheten att avgränsas till de som befinner sig inne i själva hallen. Denna avgränsning görs då det förväntas bli omfattande köbildning vid utrymning från sporthallen medan utrymningen bör fungera smidigare i resten av byggnaden då personantalet är betydligt lägre här. Simhallen är nämnd i objektbeskrivningen men inga vidare simuleringar eller beräkningar har genomförts i simhallen.

Rapporten tar inte hänsyn till ekonomiska skador utan fokuserar helt på personsäkerhet. Fokus ligger på den inledande tiden av brand då utrymning kommer att ske utan stöd av räddningstjänst. Det förutsätts att byggnadens struktur klarar första delen av en brand och att en eventuell kollaps av byggnadens konstruktion inte kommer att inträffa och påverka utrymningen. Rapporten undersöker inte heller en eventuell påverkan på miljön.

Detektorer och utrymningslarm antas fungera felfritt i hela rapporten då det finns flera detektorer på varje våningsplan och det anses osannolikt att flera av varandra oberoende detektorer felfungerar samtidigt.

I samtliga scenarier förutsätts att dörrarna som leder in till idrottshallen är öppna om inget annat anges.

1.4 Begränsningar

Begränsningar som finns i denna rapport är dels av teknisk karaktär, inbyggda begränsningar i de datorprogram och modeller som använts för att simulera och beräkna tid till, exempelvis kritiska nivåer i utrymningssituationer eller utrymningstid. Ytterligare begränsningar ligger i de antaganden som görs under arbetets gång. Dessa görs för att överensstämja med verkligheten så långt det är möjligt men ibland måste förenklingar göras för att rent praktiskt kunna genomföra beräkningar och simuleringar.

1.5 Metod

Projektet inleddes med att ritningar och brandskyddsdokumentation över objektet studerades och en checklista skrevs inför besöket. Platsbesöket genomfördes ihop med handledaren Stefan Svensson, Hampus Aronsson från Höglandets räddningstjänst, Klas Gustavsson som är ansvarig för objektet samt representanter från tekniska kontoret (fastighetsägare). Vid besöket mättes dörrar och utrymningsvägar och aspekter viktiga för utrymnings säkerhet observerades. Redan under besöket studerades möjliga brandscenarioer.

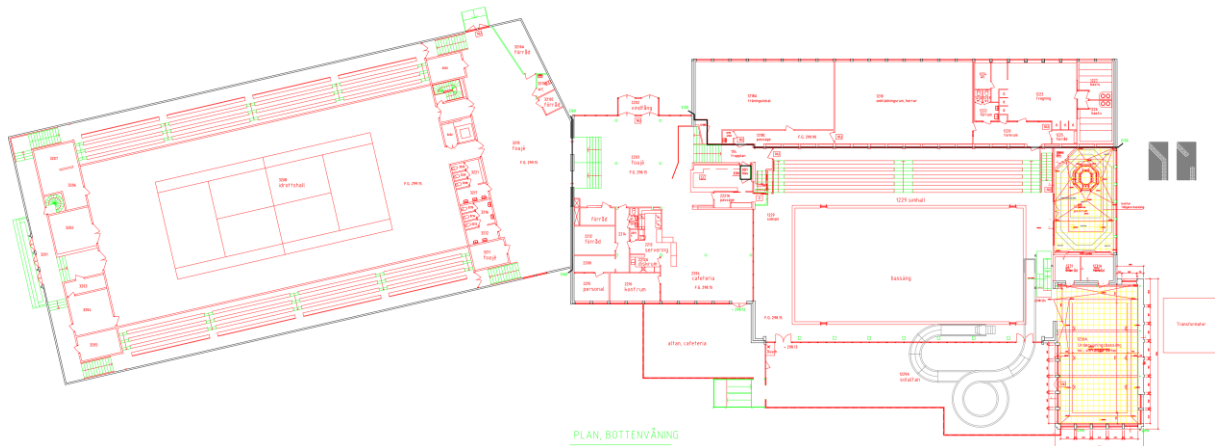
Analysarbetet i rapporten sker i stort sett enligt Figur 1 nedan. Det är en iterativ process som börjar med att projektet avgränsas, se avsnitt 1.3 ovan. Skyddsmålen definieras och acceptanskriterier bestäms. I denna rapport är acceptanskriterierna att samtliga personer som befinner sig i lokalen ska kunna utrymma säkert. Därefter genomförs en riskvärdering med hjälp av beräkningar och simuleringsprogram. Om skyddsmålen uppfylls så krävs det inga ytterligare åtgärder, i annat fall ges förslag på åtgärder och ytterligare riskvärdering genomförs med hänsyn till de nya åtgärderna.



Figur 1. Sammanfattande struktur över den iterativa processen i arbetsgången.

2 Objektbeskrivning

Objektet som studeras är sim- och sporthallen i Nässjö. Den ägs av Tekniska serviceförvaltningen men nyttjas av Nässjö Kultur och Fritid. Det är en kombinerad sporthall och simhall som sitter ihop med en foajé mellan sig. Foajén är i två delar och består av en nedre foajé som angränsar till simhallen och ett café. Denna sitter sedan ihop med en övre foajé som är placerad utanför idrottshallen. I Figur 2 nedan så visas en översiktlig ritning över hela byggnaden med idrottshallen till vänster. Den nedre foajén visas i Bild 1. I Bilaga 6 finns större ritningar över byggnadens planlösning.



Figur 2. Översiktsritning av simhallen och sporthallen. Simhallsdelen är till höger och sporthallsdelen till vänster.



Bild 1. Bild tagen sedd från nedre foajén upp till övre foajén. (Platsbesök 19/2-2014)

I övre foajén är ett förråd och två toaletter belägna i det nordöstra hörnet. I förrådet förvaras i normalfallet 150 stolar och 30 bord. Förrådet är låst men kan öppnas av personal. Väggen till förrådet går inte hela vägen upp till taket utan det finns ett glapp på cirka 30 cm mellan taket och väggen. Väggarna i övre foajén är klädda med träpanel. Bild 2 visar nödutgången i övre foajén och glappet mellan tak och förråd kan ses i det övre högre hörnet.



Bild 2. Nödutgång i övre foajén. Förrådet är till höger i bild bakom väggen. (Platsbesök 19/2-2014)

Sporthallen består av en fullstor idrottshall med två enklare läktare, norra respektive södra läktaren. Läktarna är placerade längs de båda långsidorna av planen. Den norra läktaren i lokalen visas i Bild 3. Framför läktaren finns ett räcke vilket innebär att det inte går att ta sig direkt mellan planen och läktarna. In- och utgång sker på respektive kortsida av läktarna.



Bild 3. Norra läktaren i idrottshallen. (Platsbesök 19/2-2014)

Vid matcher får maximalt 1200 åskådare vistas i idrottshallen. Dels fördelas åskådarna på de två läktarna (norra och södra) och dels är det möjligt för cirka 150 åskådare att sitta på planen. Om rullstolsburna befinner sig i hallen vid en match så sitter dessa på planen. De personer som sitter på planen sitter på lösa stolar som är sammankopplade för att undvika att de åker runt och blockerar nödutgångarna vid en eventuell utrymning. Planen är cirka 39 m lång och 17 m bred. En överblick över idrottshallen fås i Bild 4.



Bild 4. Idrottshallen sedd från norra läktaren. (Platsbesök 19/2-2014)

Under läktarna förvaras en stor mängd material i form av bord och stolar, idrottsutrustning, musikanläggning och diverse, se Bild 5.



Bild 5. Förvaring i utrymmet under södra läktaren i idrottshallen. (Platsbesök 19/2-2014)

På våningen under själva idrottshallen finns det en mängd olika lokaler. Bland annat finns det en träningslokal, luftgevärs hall, omklädningsrum och en fritidsgård/ungdomslokal. Träningslokalen visas i Bild 6. Det finns två trappor mellan undervåningen och den övre våningen. Dels i den borte kortändans korridor och dels i ett litet rum som ligger i anslutning till övre foajén. I rapporten kommer nedervåningen att bortses ifrån i de flesta fall varför ingen närmre beskrivning sker av hur utrymmet är uppbyggt.



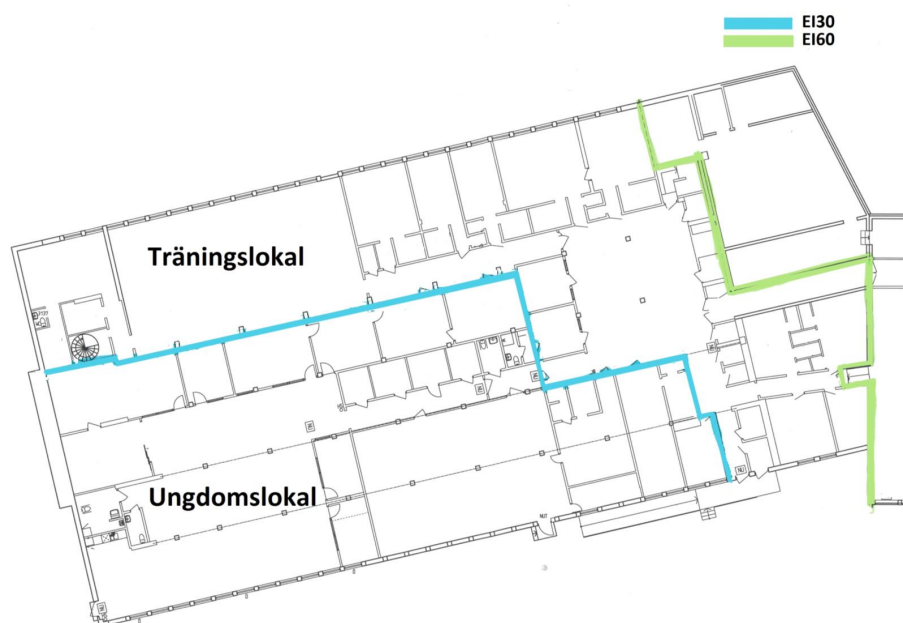
Bild 6. Träningslokal på våningen under idrottshallen (suterrängvåning). Bilden är redigerad eftersom det befinner sig personer i lokalen.

Det har inte inträffat några bränder eller brandtillbud i sporthallen tidigare. (Gustavsson, 2015)

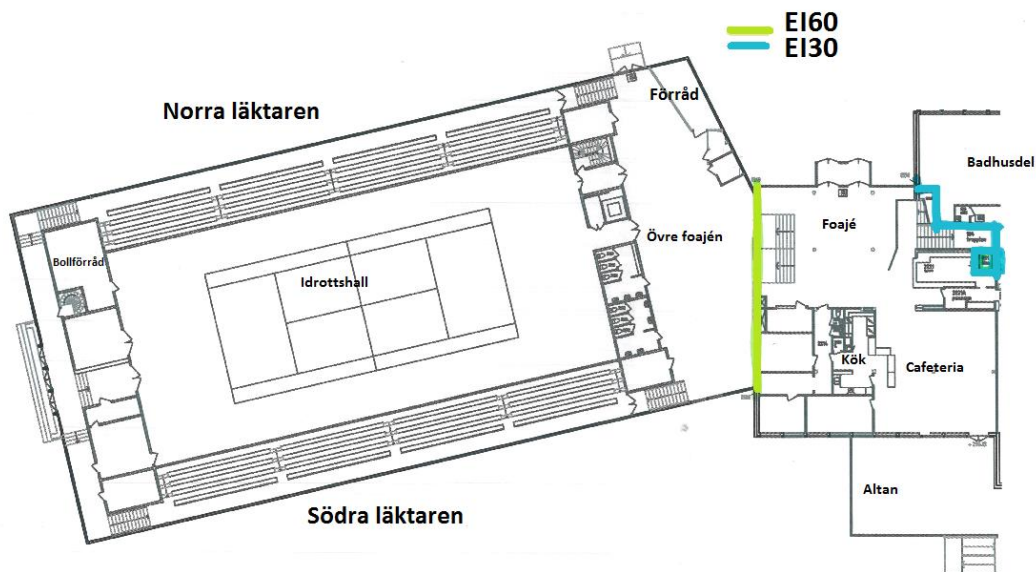
I anslutning till sporthallen finns simhallen. Simhallen består av en 25 meters simbassäng, en barnpool med höj- och sänkbar botten, en relaxavdelning med en bubbelpool, en vattenrutschkana och två hopptorn. I samma huskropp som badet finns ett gym en våning upp från bassängen. I nivå med simbassängen finns ett träningsrum för gruppträningar med bland annat spinningcyklar och kettlebells. I badet finns en cafeteria men ingen varm mat tillagas eller säljs utan endast godis och chips. Badhuset och gymmet har gemensamma omklädningsrum på två plan.

2.1 Brandcellsgränser

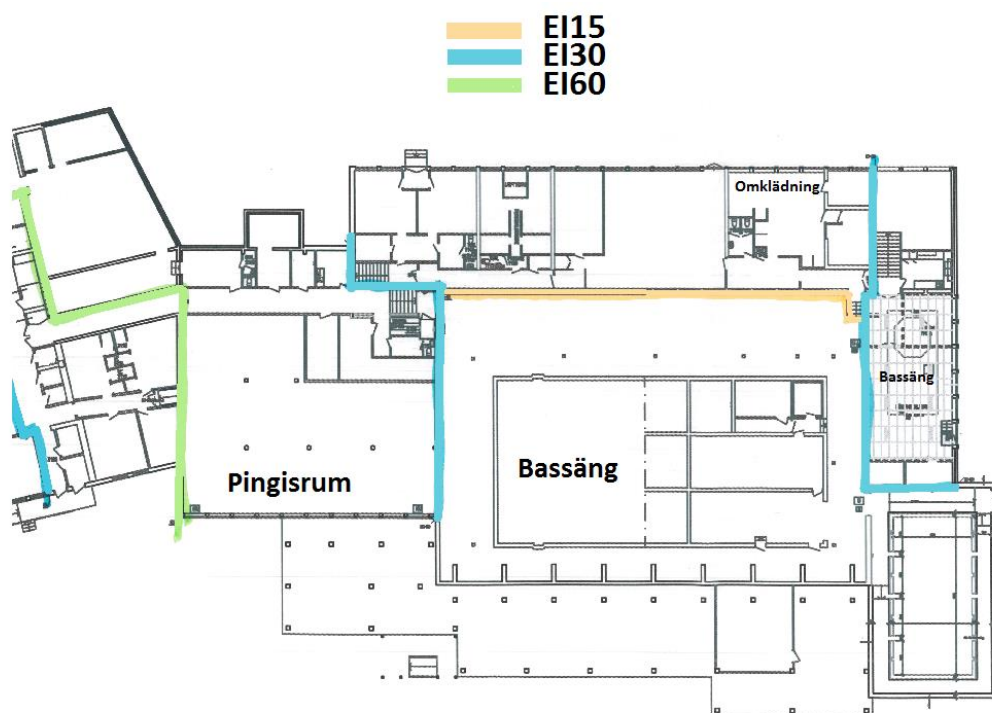
Figur 3 till Figur 6 nedan visar brandcellsgränserna på de båda våningsplanen i sim- respektive sporthallen. Figurerna visas även i Bilaga 6. Sporthallen och Simhallen skiljs åt med en EI60 vägg. Övriga brandcellsgränser hänvisas till figurerna. Suterrängvåningen är placerad under bottenvåningen.



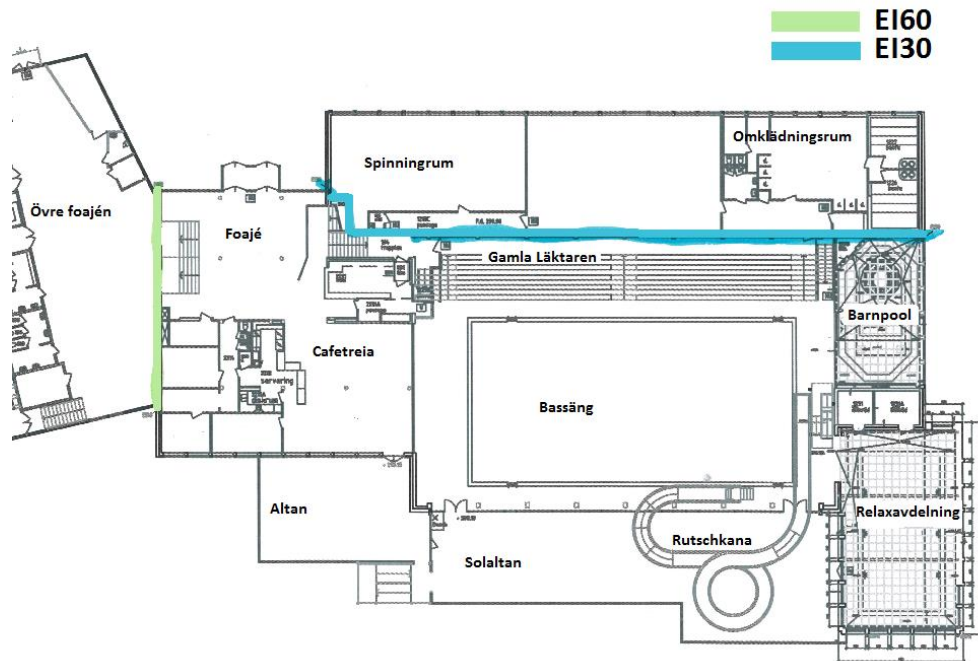
Figur 3. Brandcellsgränser (EI30 och EI60) utritade på suterrängvåningen i sportdelen, se även Bilaga 6.



Figur 4. Brandcellsgränser (EI30 och EI60) utritade på bottenvåningen i sportdelen, se även Bilaga 6.



Figur 5. Brandcellsgränser (EI15, EI30 samt EI60) utritade på suterrängvåningen i simdelen, se även Bilaga 6.



Figur 6. Brandcellsgränser (EI30 och EI60) utritade på bottenvåningen i simhallsdelen, se även Bilaga 6.

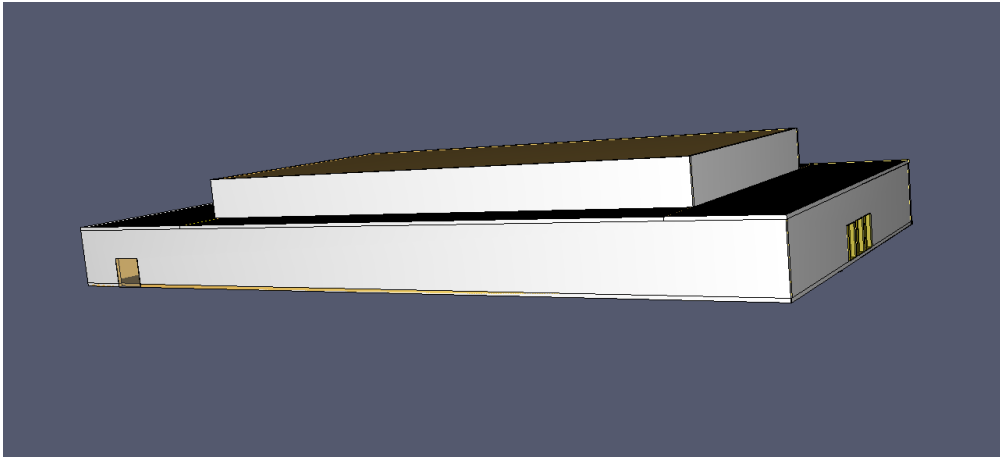
2.2 Konstruktion

Idrottshallen är uppförd i Byggnadsklass Br1 och simhallen i Br2 enligt dagens standard. Sporthallen är byggd 1939 och simhallen 1957 och antas vara byggd enligt gällande bygg och brandskyddsnormer för den tiden. Vid om- och tillbyggnader i efterhand förutsätts de nya delarna ha ett brandskydd som uppfyller de årens brandskyddskrav. Stora delar av byggnaden är gjorda i betong men en stor del av inredningen är i trä. Idrottshallens tak är välvt för att ge extra höjd vid bollspel. Taket i idrottshallen är gjort av trä och konstruktion bärs upp av limträbalkar.

Brandbelastning är ett begrepp som visar mängden energi som kan frigöras per kvadratmeter vid brand. Storleken på brandbelastningen är helt beroende på vilken typ och mängd av bränsle som det finns att tillgå.

Vid en eventuell brand kommer brandbelastningen att variera i byggnaden beroende på var branden är belägen. I bassängdelen kommer brandbelastningen bli låg medan brandbelastningen blir hög i exempelvis sporthallens läktare. Den möjliga brandbelastningen kan öka tillfälligt vid evenemang då exempelvis försäljning kan förekomma i foajén.

I de simuleringar som genomförs i denna rapport kommer geometrin att förenklas på så sätt att volymen i lokalen kommer vara densamma som i verkligheten men takgeometrin förenklas till att vara rektangulär istället för välvd, se Figur 7 på nästa sida.



Figur 7. Sportdelens geometri i genomförda simuleringar.

2.3 Byggnadens placering

Byggnaden står tillräckligt långt ifrån kringliggande byggnader för att risk för spridning till andra byggnader helt kan bortses ifrån. Byggnaden står på sluttande mark vilket innebär att utrymning sker via trappor på alla ställen ifrån idrottshallen medan vissa delar av simhallen och källaren ligger i markplan.

2.4 Antal personer i lokalen

Generellt sett är det ganska få personer både i idrottshallen och badhuset förutom vid större idrottsevenemang i sporthallen. Sporthallen är hemmaplan för Nässjö Basket som nu spelar i Svenska Basketligan vilket innebär att de vanligtvis spelar hemmamatch en gång i veckan för ett stort antal personer under säsong. Maxantalet som får släppas in vid en match är 1200 personer vilket är fastställt av räddningstjänsten i samråd med de som nyttjar lokalerna. Uppskattningsvis är det fullsatt vid en vanlig basketmatch.

3 Befintligt brandskydd

Nedan beskrivs det befintliga brandskyddet som finns på objektet.

3.1 Detektion och släcksystem

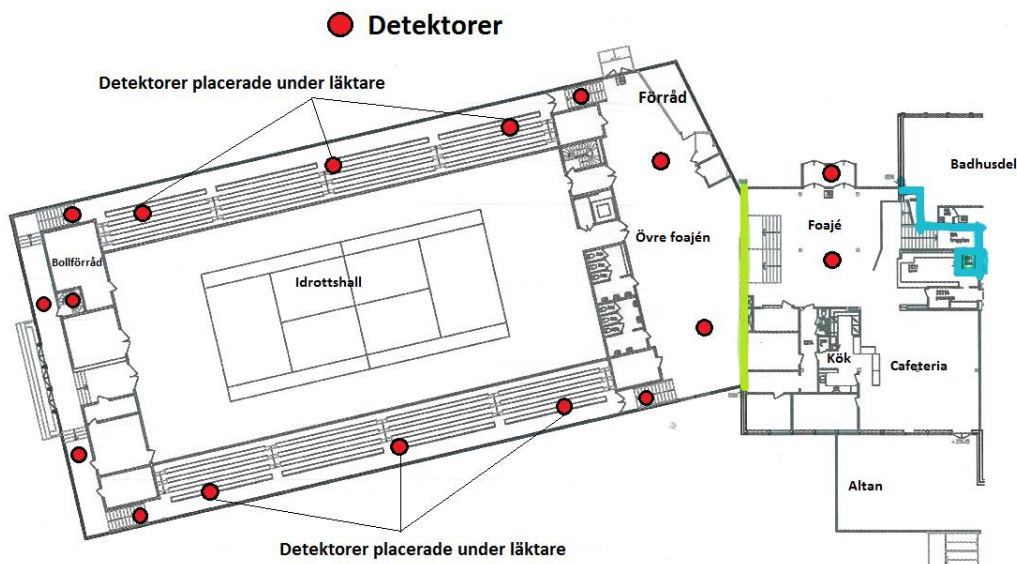
I detta avsnitt beskrivs detektion och släcksystem i sporthallen och foajén. Gemensamt för båda delarna är att inget automatiskt släcksystem finns installerat. Det finns däremot ett automatiskt brandlarm.

3.1.1 Sporthallen

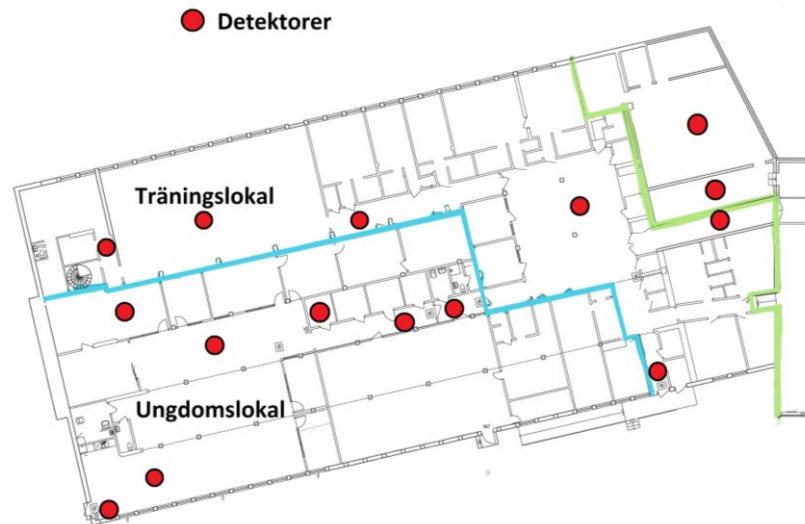
I sporthallen finns flertalet detektorer av typen optisk ljusspridningsdetektor utplacerade på båda våningsplanen. Figur 8 och Figur 9 illustrerar hur detektorerna är placerade på bottenvåningen och suterrängvåningen i sporthallsdelen.

Handbrandsläckare finns utplacerade i sporthallsdelen, bland annat på kortsidan i anslutning till planen.

Det finns automatiskt brandlarm i sporthallsdelen.



Figur 8. Placering av detektorer i foajén och på bottenvåning i sporthallsdelen. Detektorerna utritade vid läktarna är placerade under läktarna.



Figur 9. Placering av detektorer på suterrängvåningen under sporthallen.

3.1.2 Foajé

Foajén består av två utrymmen där en avskiljning mellan simhall och sporthall görs via automatiskt stängande dörrar vid brandlarm. Dessa dörrar är därefter svåröppnade för besökare då de normalt inte känner till öppningsmekanismen med skjutdörrar vilket gäller för dessa dörrar. I båda dessa utrymmen finns optiska rökdetektorer, se Figur 8.

Det finns en handbrandsläckare i foajén, hänvisningen till denna är placerad i övre foajén medan själva handbrandsläckaren på den andra sidan av de automatiska skjutdörrarna.

3.2 Utrymningslarm

Större delen av den totala byggnaden är utrustad med utrymningslarm i form av ljud och vissa delar är även utrustade med ljussignaler. Oavsett vilken detektor som utlöser så larmar samtliga larmdon.

3.3 Utrymningsvägar

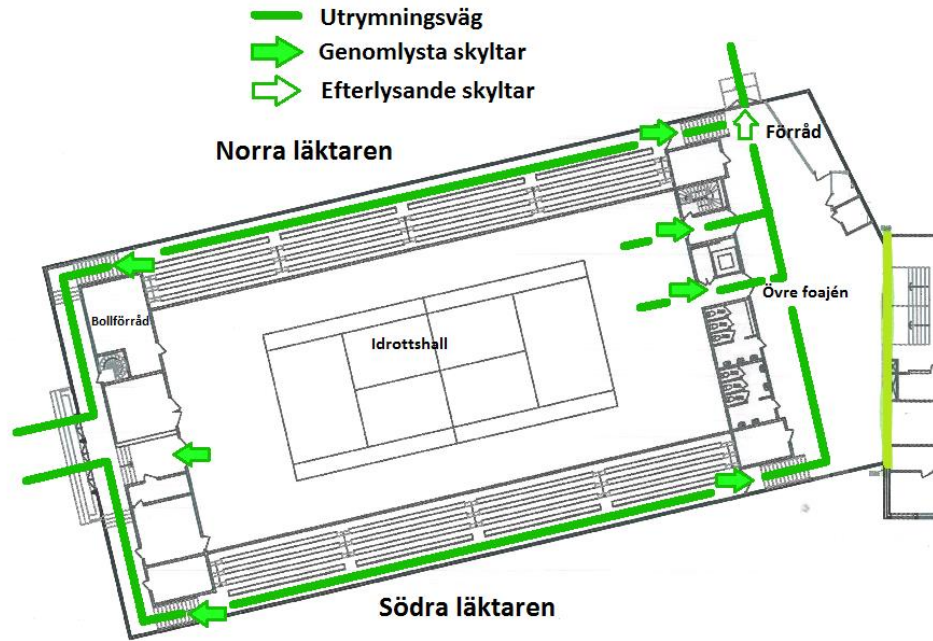
Byggnaden har flera utrymningsvägar och de är i de flesta fall lättillgängliga men då personantalet i sporthallen vid jämna mellanrum är högt analyseras om de är tillräckliga vidare i rapporten.

Utrymningsvägarna är i gott skick och permanenta hinder i utrymningsvägarna förekommer inte.

Ytskikten i utrymningsvägarna bedöms inte utgöra ett problem för utrymning och består till stor del av målad betongvägg.

Utrymningsvägarna är i de flesta fall markerade via genomlysta skyltar, detta saknas i foajédelen som hör till sporthallen där det endast finns efterlysande skyltar över dörrarna. De dörrar som öppnas utåt i utrymningsvägarna är försedda med dörrstängare.

I Figur 10 nedan illustreras utrymningsplanen för idrottshallen.



Figur 10. Figuren illustrerar utrymningsplanen för idrottshallen. Utrymningsvägar och utrymningsskyltar är markerade i ritningen.

3.4 Brandgasventilation

Brandgasventilation finns i sporthallen i form av tio brandgasluckor placerade på gaveln i taket. Storleken på luckorna uppskattas vara 0,7 m² styck vilket ger en total yta på brandgasventilationen på 7 m². Dessa luckor öppnas manuellt via en manövreringslucka i övre foajén av räddningstjänsten och därför kommer brandgasluckorna ej tas hänsyn till. Det förutsätts att alla hinner utrymma innan räddningstjänsten är på plats och därmed har brandgasluckorna ingen påverkan på utrymningen. Brandgasventilationen visas i Bild 7.

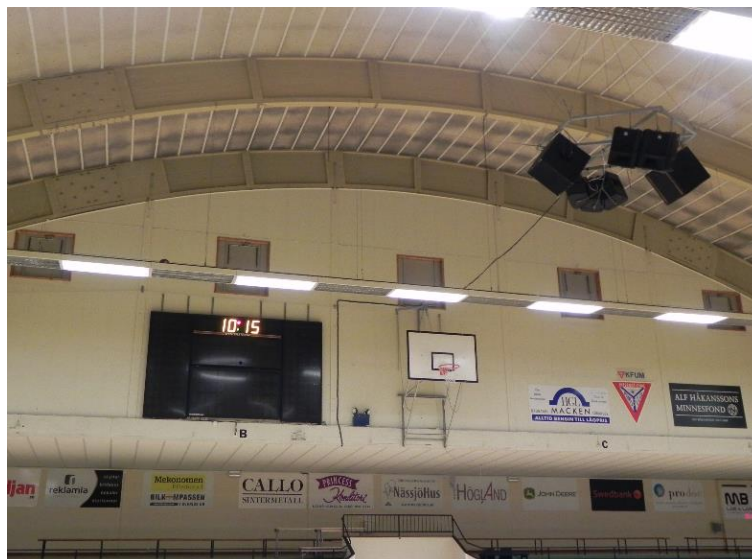


Bild 7. Brandgasventilation i sporthall. Brandgasluckorna är placerade likadant på motstående sida. (Platsbesök 29/2-2014)

3.5 Systematiskt brandskyddsarbete

Personalen på plats är utbildade i hur de skall agera i händelse av brand. När större publikarrangemang anordnas, exempelvis basketmatcher, skall det även finnas två personer på plats med övergripande ansvar gällande brandskydd. (Gustavsson, 2015)

3.6 Räddningstjänst

Högländets räddningstjänst befinner sig på orten och har cirka 5 minuters insatstid till objektet. Räddningstjänsten arbetar efter ett system om 1+2+2 vilket innebär att 1+2 personer åker från stationen och 2 personer hemifrån. Detta gör att eventuell släckinsats beräknas kunna påbörjas först efter cirka 10 minuter då samtliga personer i styrkan anlant till platsen. Vanligtvis anländer stationsstyrkan ungefär samtidigt som deltidsbrandmännen som kör hemifrån eller från arbetet med en varsin FIP (Första insats person) bil (Aronsson, 2015). I denna organisation finns det även en insatsledare som åker hemifrån samt två deltidsbrandmän som åker hemifrån, in till stationen och hämtar bilar innan de ansluter på olycksplatsen om en större insats behöver genomföras.

4 Regelverk

I detta avsnitt beskrivs brandtekniska klasser, regler avseende möjlighet till utrymning vid brand samt övriga regelverk som är applicerbara på objektet med utgångspunkt från dagens regelverk. Detta görs för att få en uppfattning om byggnadens nuvarande brandskydd i förhållande till dagens regelverk. Detta kapitel utgår från Brandskyddshandboken vilken är en sammanfattning av kapitel 5 i BBR, Boverkets byggregler, om inget annat anges (Brandskyddshandboken, 2014).

4.1 Brandtekniska klasser och övriga förutsättningar

Nedan presenteras de brandtekniska klasser som objektet anses tillhöra.

4.1.1 Verksamhetsklass

Verksamhetsklassen bedöms vara klass 2b för idrottshallen då det är en samlingslokal med fler än 150 personer.

4.1.2 Byggnadsklass

Byggnadsklassen bör vara lägst Br2 för byggnader som har en samlingslokal i verksamhetsklass 2a eller 2b.

Verksamhetsägaren har klassat byggnaden som Br2.

4.1.3 Utrymningslarm

Utrymningslarm ska finnas i byggnaden. Där hörselskadade kan befinna sig utan direktkontakt med andra människor bör även ljussignal finnas.

4.2 Möjlighet till utrymning vid brand

Nedan presenteras de krav som finns för förenklad dimensionering under kapitel 5 i brandskyddshandboken.

4.2.1 Tillgång till utrymningsvägar

Utrymmen där personer vistas mer än tillfälligt ska, om inget annat anges, utformas så att det finns två av varandra oberoende utrymningsvägar. De ska antingen leda ut till det fria eller till intilliggande brandcell. För byggnader i verksamhetsklass 2b bör intilliggande brandcell vara huvudentrén.

4.2.2 Gångavstånd till utrymningsvägar

Enligt tabell 5:331 i Brandskyddshandboken anger att det längsta avståndet till utrymningsväg ska vara 30 meter för byggnader i verksamhetsklass 2b. Gångavståndet i trappor beräknas som 4 gånger höjden av trappan.

4.2.3 Utformning av utrymningsvägar

Utrymningsvägar bör ha en bredd på minst 120 cm och dörrbladen bör inte inkräkta mer än 5 cm på dörrbredden. (Boverket, 2014)

4.2.4 Utrymningsplats

Publika lokaler som är tillgängliga för människor med nedsatt rörelseförmåga eller orienteringsförmåga ska förses med två oberoende utrymningsplatser. Dessa ska finnas i eller i anslutning till utrymningsvägen och ligga i en angränsande brandcell. En procent av de som befinner sig i lokalen kan förväntas vara rullstolsburna och samtliga av dessa skall få plats i utrymningsplatsen. En utrymningsväg kan vara blockerad, därför ska alla rullstolsburna få plats i varje utrymningsplats. Särskilda skyltar bör markera väg till utrymningsplats.

4.2.5 Vägledande markering

Med vägledande markering avses skyltar eller liknande som vid utrymning ger vägledning så att utrymningen inte förhindras av problem att orientera sig i byggnaden. Vägledande markering ska finnas i anslutning till dörrar och fönster avsedda för utrymning. Skyltarna bör vara genomlysta eller belysta.

4.2.6 Allmänbelysning

Utrymningsvägar ska förses med allmänbelysning som med tillfredställande säkerhet fungerar. Då utrymningsvägen leder direkt till det fria ska det finnas allmänbelysning direkt utanför nödutgången.

4.2.7 Nödbelysning

Nödbelysning ska fungera i 60 minuter efter ett strömavbrott. Belysningen ska underlätta utrymning vid strömavbrott.

4.2.8 Särskilda krav för verksamhetsklassen

Nedan följer särskilda krav som gäller för verksamheten.

- Utrymningsvägar från samlingslokalen skall vara minst fyra till antalet då det förväntas befinna sig fler än 1000 personer i lokalen.
- Det ska finnas en skylt som tydligt visar det maximala tillåtna personantalet i lokalen.
- Dörrar i utrymningsväg ska öppnas med panikregel.
- Avsatser som är högre än 50cm ska förses med räcken för att förhindra fall.
- Lokalen ska vara försedd med utrymningslarm. Om ringklocka används ska den vara försedd med en förklarande skylt, t.ex., ”utrymningslarm, - utrym lokalen vid larm”
- Samlingslokal och utrymningsväg från samlingslokal ska vara försedda med nödbelysning och allmänbelysning. Även trappsteg i en samlingslokal ska vara försedda med nödbelysning.

4.3 Sammanfattning

De flesta krav uppfylls med förenklad dimensionering, de krav som inte uppfylls undersöks vidare med analytisk dimensionering. Vilka krav som uppfylls respektive inte uppfylls visas i Tabell 1.

Tabell 1. Lista över vilka krav som uppfylls vid enkel dimensionering.

	Uppfyller kraven för enkel dimensionering	Uppfyller EJ kraven för enkel dimensionering
Utrymningslarm	X	
Utrymningsvägar	X	
Avstånd till utrymningsvägar		X
Utformning av utrymningsvägar	X	
Utrymningsplats		X
Vägledande markeringar	X	
Allmänbelysning	X	
Nödbelysning	X	
Skylt med maximalt tillåtet personantal i lokalen		X
Panikregel på dörrar i utrymningsväg	X	
Räcken på avsatser högre än 50cm		X
Klocka (utrymningslarm) försedd med förklarande text	X	
Trappsteg försedda med nödbelysning		X

Sammanfattningsvis är det följande punkter som inte uppfylls i lokalen i dagsläget och kommer undersökas ytterligare.

- Gångavståndet överstiger 30m i vissa delar av lokalen.
- Utrymningsplatser saknas. Samtidigt kan rullstolsburna inte ta sig ut på egen hand då det är trappor i utrymningsvägarna.
- Det finns ingen skylt som visar maxantalet människor som får befinna sig i lokalen.
- Det saknas räcken på avsatser som är högre än 50cm.
- Det finns ingen nödbelysning i trappstegen.

Rapporten kommer att rikta in sig på att kontrollera om brandskyddet i byggnaden kan antas vara tillfredsställande även då kraven för förenklad dimensionering inte uppfylls till fullo.

5 Ventilation

Nedan beskrivs teori kring ventilationssystem, brandgasspridning via ventilationssystem, objektets ventilationssystem samt hur rökspridning via ventilation kommer att kunna påverka objektet.

5.1 Till- och frånluftssystem

Till- och frånluftssystem är uppbyggt av två olika fläktar, en som blåser in frisk luft i byggnaden och en som ventilerar ut luft. Syftet med ventilationen är att upprätthålla ett bra inomhusklimat genom att ventilerar ut bland annat fukt, damm, koldioxid och värme. Övergripande delar som bygger upp ventilationssystemet listas nedan:

- Intag och utblås
- Luftbehandlingsaggregat
 - Fläktar
 - Filter
 - Växlare
 - Batterier
- Ljuddämpare
- Kanalsystem
- Slutapparater, don

Generella principen för ventilationssystem är att tilluftsdonen bör placeras där människor vistas mest och frånluftsdonen bör placeras i de mer förorenade rummen såsom toaletter och kök. Ventilationen ska skapa ett undertryck i huset för att förhindra bland annat att fukt sätter sig i väggar (ventilation.se, 2015).

5.2 Brandgasspridning via ventilationssystem

Ett vanligt sätt för brandgaser att sprida sig inom en byggnad är via ventilationssystemets kanaler och då främst via tilluftskanalerna. När en brand startar i ett rum eller i en byggnad så ökar trycket i byggnaden vilket kan resultera i att brandgaser trycks upp i ventilationssystemet och sprids till andra rum eller i värsta fall till andra brandceller (Jensen, 2002).

5.3 Skydd mot brandgasspridning i ventilationssystem

För att skydda sig mot brandgasspridning mellan rum eller brandceller kan olika skyddssystem sättas in. Till exempel en tryckavlastning i form av rökluckor som gör att brandflödet inte trycks upp i ventilationssystemet. Ett annat skyddssystem är brandgasspjäll som installeras mellan olika rum eller brandceller och som stängs vid brand vilket hindrar brandgasspridningen via ventilationssystemet. Ett backspjäll kan förhindra att rök från ett brandrum tar sig vidare till andra delar av byggnaden genom att strypa flödet i ventilationssystemet ifrån brandrummet (Jensen, 2002).

5.4 Objektets ventilationssystem och skydd mot brandspridning

Ett mekaniskt till- och frånluftssystem är installerat på objektet. Frånluftsdonen är huvudsakligen placerade på toaletter och i omklädningsrum. I objektet finns brandgasspjäll installerade mellan brandcellerna för att skydda mot brandgasspridning mellan brandceller via ventilationssystemet.

5.4.1 Sporthallen

Ventilationen i sporthallen betjänas av två av varandra oberoende system där det ena endast ventilerar själva hallen som är en egen brandcell. Av denna anledning beaktas detta inte vidare gällande eventuell brand/brandgasspridning via ventilation i sporthallen då ingen brandspridning kan ske till andra rum eller brandceller.

Det andra ventilationssystemet i sporthallen ventilerar utrymmena på planet under och skulle eventuellt kunna ge upphov till brand/brandgasspridning i byggnadens nedre delar.

Ventilationssystemet i källaren är dock utrustat med brandspjäll mellan brandcellerna på undervåningen och brandgasspridning kommer inte att kunna ske mellan brandceller. Dock kan brandgaser spridas in till rum i samma brandcell.

5.4.2 Foajé

Ventilationen i foajén har ett system som tjänar undre och övre våningen i den brandcellen.

6 Utrymning

För att utrymning ska kunna ske säkert så finns det ett antal ansatta gränsvärden som måste uppfyllas. Dessa beskrivs nedan tillsammans med teori om utrymning. För att en säker utrymning ska kunna ske så krävs det att utrymningstiden är mindre än tiden till dess att det blir kritiska förhållanden i lokalen.

6.1 Kritiska förhållanden

BBRAD är boverkets allmänna råd om analytisk dimensionering av byggnadens brandskydd. BBRAD innehåller allmänna råd, metoder och kriterier för analytisk dimensionering och används i denna rapport för att bland annat bestämma vilka kritiska förhållanden som får råda i samband med brand och utrymning.

Enligt BBRAD så anges de kritiska förhållanden vid brand enligt Tabell 2 nedan (Boverket, 2013). Kriterium 1 eller 2 och 3-5 skall inte överskridas där någon person befinner sig. Detta innebär att utrymning ska kunna ske under säkra förhållanden under hela utrymningsförloppet för alla som uppehåller sig i byggnaden. Förutsättningarna för dessa kriterier gäller i första hand 2-zons modeller som exempelvis CFAST. Då denna rapporters simuleringar och resultat till största del är framtagna via mer avancerade modeller såsom CFD kommer skadekriterierna behandlas var för sig. Att personer befinner sig där det uppstår kritiska förhållanden innebär inte per automatik att dessa omkommer. Att kritiska förhållanden uppstår innebär att det är osäkert att vistas i lokalen en längre tid under dessa förhållande.

Tabell 2. I tabellen beskrivs kriterier för kritiska förhållanden vid utrymning. (Boverket, 2013)

Kriterium	Nivå
1. Brandgaslagrets nivå ovan golv	Lägst $1,6 + (\text{rumshöjden [m]} \times 0,1)$
2. Siktbarhet 2,0 m ovan golv	10.0 m i utrymmen $> 100 \text{ m}^2$ 5.0 m i utrymmen $\leq 100 \text{ m}^2$ eller i situationer där köbildning sker i ett tidigt skede vid den plats kön uppstår.
3. Värmestrålning/Värmedos	Max $2,5 \text{ kW/m}^2$ eller en kortvarig strålning på maximalt 10 kW/m^2 i kombination med max 60 kJ/m^2 utöver energin från en strålningsnivå på 1 kW/m^2
4. Temperatur	Max $80 \text{ }^\circ\text{C}$
5. Toxicitet	$\text{CO} > 2000 \text{ ppm}$ $\text{CO}_2 > 5 \%$ $\text{O}_2 < 15 \%$

6.1.1 Utvalda kritiska förhållanden

Nedan beskrivs de utvalda skadekriterier rapporten tar hänsyn till. Det kriterium som först uppnås i varje simulering sätter gränsen för hur lång tid som är tillgänglig för utrymning.

- Kriterium 1 gällande brandgaslagrets nivå undersöks. Gränsen för brandgaslagret beräknas till cirka 2,15 meter med hjälp av formeln för brandgaslagrets nivå i Tabell 2 ovan. Som utgångspunkt för beräkningen används golvnivån på övre läktarplanet och takhöjden i sporthallen. Detta sammanfaller relativt väl med läktarens takhöjd på 2,3 meter och därmed används läktarens takhöjd som gräns för brandgaslagrets nivå. Brandgaslagrets höjd mäts på flera platser i lokalen men de mätningar som används är två punkter på hallgolvet längs byggnadens centrumlinje. Placeringen av dessa två punkter illustreras i Bilaga 4. Samma punkter används i alla scenarier. Anledningen till att brandgaslagrets höjd mäts i mitten av lokalen beror på att brandgasen förväntas fylla lokalen uppifrån och ned. Vid den tidpunkt då brandgasen sjunkit ned till läktartaket förväntas det bli kritiska förhållanden överallt på de båda läktarna.
- Till följd av kriterium 1 där den kritiska gränsen av brandgaslagrets höjd ansätts till läktarens takhöjd på 2,3 meter så bortses det från vidare undersökningar av kriterium 2. Då brandgaser inte tillåts befinna sig under läktartaket kommer sikten inte heller att påverkas.
- Kriterium 3 undersöks med avseende på strålning från brandgaslagret samt flamma då detta är relevant mot de utrymmande på max 2,5 kW/m². På grund av köbildning tar det relativt lång tid att utrymma lokalen och därmed anses 10 kW/m² vara för högt.
- Kriterium 4 undersöks med avseende på en maxtemperatur bland de utrymmande där gränsen är satt till 80°C. Detta görs då de som befinner sig i lokalen generellt sett inte anses vara känsligare mot en högre temperatur än befolkningen i stort.
- Kriterium 5 undersöks med avseende på toxicitet, detta beroende på att toxiska nivåer kan uppnås även under brandgaslagrets nivå.

6.2 Utrymningstid

Utrymningstiden beräknas genom att lägga ihop varseblivningstid, förberedelsetid och förflyttningstid. Utrymningstiden får inte överstiga tiden till kritiska förhållanden för att utrymning ska kunna ske på ett säkert och tillfredställande sätt för alla personer som befinner sig i byggnaden (Brandskyddshandboken, 2014). Se Figur 11.



Figur 11. Illustration av utrymningstiden.

6.2.1 Varseblivningstid

Varseblivningstiden är den tid som det tar från att en brand startar till att personerna blir uppmärksamma om att något onormalt har inträffat. Varseblivningstiden varierar bland annat beroende på om det är en brand som syns eller inte. Den beror också på om det finns ett automatiskt brandlarm installerat som kan varna om att något har hänt (Brandskyddshandboken, 2014).

6.2.2 Förberedelsetid

Förberedelsetiden är den tid det tar från det att en person blir medveten om att något har hänt tills dess att utrymning påbörjas. Förberedelsetiden innefattar att lyssna på utrymningslarm, hjälpa andra att utrymma, förbereda sig, försöka bekämpa branden och så vidare. Tiden varierar bland annat beroende på brandförlopp och vilken person som utför handlingarna (Brandskyddshandboken 2014).

Enligt BBRAD så är förberedelsetiden för personer i en offentlig miljö som kan se branden 1 minut (Boverket, 2013). För personer som inte kan se branden och där det inte finns ett larm är den 4 minuter. Vid larmklocka är tiden 3,5 minuter och vid talat meddelande är den 2 respektive 1 minut beroende på hur informativt meddelandet är, ett mer informativt meddelande ger en kortare förberedelsetid. (Boverket, 2013)

6.2.3 Förflyttningstid

Förflyttningstiden är den tid det tar att förflytta sig ut ur lokalen. Denna tid beror bland annat på hur många människor som befinner sig i lokalen och skicket på olika utrymningsvägar. (Brandskyddshandboken, 2014)

6.3 Människors beteende vid brand

Teorin i detta avsnitt är hämtat ur Brandskyddshandboken (Brandskyddshandboken, 2014).

Utrymningsförloppet vid brand påverkas av flera faktorer. Hur personer upplever situationen och hur personer därefter väljer att agera kan påverka både brand och utrymningsförloppet. Teorin kring beteendesequenser baseras på att personer som ska utrymma går igenom tre olika steg i beslutsfattandet;

- Tolka situationen
- Förbereda
- Agera

Under utrymning fattar en individ ett antal beslut som alla innefattas i de tre stegen ovan. Vilka beslut som tas beror till exempel på vart i förloppet personen befinner sig och vilken roll denne har i sammanhanget. Detta innebär att besluten kan bli olika för olika personer vid en och samma brandsituation. Likaså kan en och samma person agera olika vid olika brandscenarier.

I det tidiga skedet av en utrymning är personer ofta osäkra och ineffektiva då personer vanligtvis försöker informera sig om vad som har hänt. Då situationen utvärderats väljer personer att eventuellt försöka bekämpa branden, hjälpa andra, rädda egendom, utrymma eller larma räddningstjänsten. Somliga personer kan vara passiva i detta stadie samtidigt som en del personer kan utföra handlingar som försätter sig själv eller andra i en ökad fara. Ungefär 5 % av de som utrymmer utför handlingar som stjälpmer mer än de hjälper. Detta innebär att ungefär 95 % beter sig förnuftigt och rationellt. Människor utrymmer helst i grupper då det inger en känsla av trygghet. I obekanta situationer är det lätt att förlita sig på att andra personer då de möjligtvis har kunskapen att fatta bättre beslut än en själv. Förberedelsetiden kan bli längre om en grupp ska bildas innan utrymningen påbörjas.

Panik bedöms vara en ovanlig reaktion på brand vid en utrymning. Denna bedömning ligger mycket i hur ordet panik definieras. Om panik definieras som antisocialt beteende så har panik sällan observerats vid utrymningar. Folk brukar snarare föredra att hjälpa varandra vid utrymning. Det rapporteras ibland om att panik har förekommit. Detta kan främst förklaras genom att definitionen av ordet panik har skiljt sig åt och i detta fall definieras panik med att personer varit oroliga och stressade. Det är ingen ovanlig reaktion vid utrymning men enligt forskare är den inte att klassas som panik.

För att underlätta beslutsfattandet hos personerna som ska utrymma är det en fördel att ha ett informationsmeddelande som förklarar vad som händer och vad människorna som är drabbade borde göra.

Rollerna som personer har vid en utrymning påverkar deras handlingsbeteende betydligt. En person som jobbar i en affär får automatiskt förtroendet av kunderna att hjälpa till vid utrymning. När samma person sedan befinner sig på gymmet så kommer denna troligtvis att förlita sig på att gympersonalen hjälper till vid utrymning.

6.4 Handberäkningar av utrymningstid

Boverket tillhandahåller en enkel modell för handberäkning av utrymningstider. Modellen grundas på Ekvation A och B beskrivna nedan:

$$t_{g\ddot{a}ng} = \frac{l}{v} \quad \text{Ekvation A}$$

$$t_{d\ddot{o}rr} = \frac{n}{b \cdot f} \quad \text{Ekvation B}$$

I vilka $t_{g\ddot{a}ng}$ är den tid det tar att förflytta sig till nödutgången och $t_{d\ddot{o}rr}$ är den tid det tar att passera dörren. Dessa ekvationer summeras för att erhålla den totala förflyttningstiden. Denna beräkningsmodell beräknar tiden per individ och är olämplig att använda vid utrymningsscenarier där köbildning kan antas (Olsson, 2013). Av den anledningen har det beslutats att inte använda Boverkets handberäkningsmodell i de scenarier som undersöks i denna rapport. Istället har simuleringsprogrammet Pathfinder använts vid utrymningssimuleringarna, för mer information om Pathfinder se avsnitt 7.3.

7 Simuleringsprogram

I detta avsnitt beskrivs de olika datorprogram som använts under arbetet med rapporten. Begränsningar och osäkerheter i indata beskrivs i Bilaga 2 och 3.

7.1 FDS

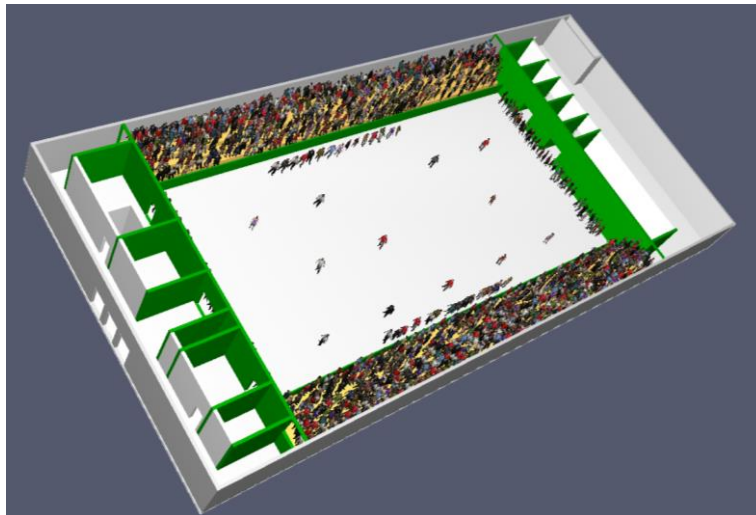
FDS står för Fire Dynamics Simulator och är ett simuleringsverktyg för brandgasspridning. FDS är en så kallad Large-Eddy Simulator och använder matematiska modeller för att simulera turbulent flöde i låga hastigheter. Innan simuleringen påbörjas måste den geometri som ska undersökas byggas upp och tilldelas egenskaper liknande det som ska efterliknas. En viktig del i geometrins uppbyggnad är ansättandet av så kallade mesher (rutnät) för att dela in geometrin i celler. FDS utför under simuleringen beräkningar mellan alla celler för att avgöra temperaturskillnader och rökspridning mellan cellerna. En geometri kan ofta bestå av flera mesher och antalet celler når snabbt höga antal vilket innebär att en simulering i FDS kan kräva stor processorkraft och ta lång tid att genomföra. FDS är utvecklat av National Institute of Standards and Technology i USA som står för validering och förbättring av programmet. (Floyd & al, 2014)

7.2 Pyrosim

Pyrosim är ett grafiskt användargränssnitt för FDS som underlättar för användaren att bygga upp de konstruktioner som ska användas för simuleringar i FDS och Pathfinder. Pyrosim används för att grafiskt bygga upp geometrin som ska simuleras i stället för att indata skrivs i textform av användaren. Eftersom Pyrosim tillåter användaren att se geometrin byggas i realtid kan Pyrosim uppfattas som mer användarvänligt än att skriva indata för hand. (Pyrosim Features, 2013)

7.3 Pathfinder

Pathfinder är ett simuleringsprogram för att simulera utrymningstider. Programmet är utvecklat av samma företag som utvecklat Pyrosim och därför kan programmen med fördel användas tillsammans. Ritningarna från Pyrosim kan importeras till Pathfinder som sedan kan definiera utgångar och ansätta sannolikheter för hur många som väljer en specifik utgång. Därefter kan personer placeras ut i byggnaden och tilldelas egenskaper som kan påverka utrymningsförloppet, till exempel gånghastighet och reaktionstid. Utrymningen simuleras i realtid och åskådliggörs direkt för användaren. (Pathfinder Features, 2013). I Figur 12 visas ett exempel på en uppställning i Pathfinder uppritad i Pyrosim.



Figur 12. Exempel på uppställning i Pathfinder uppritad i Pyrosim.

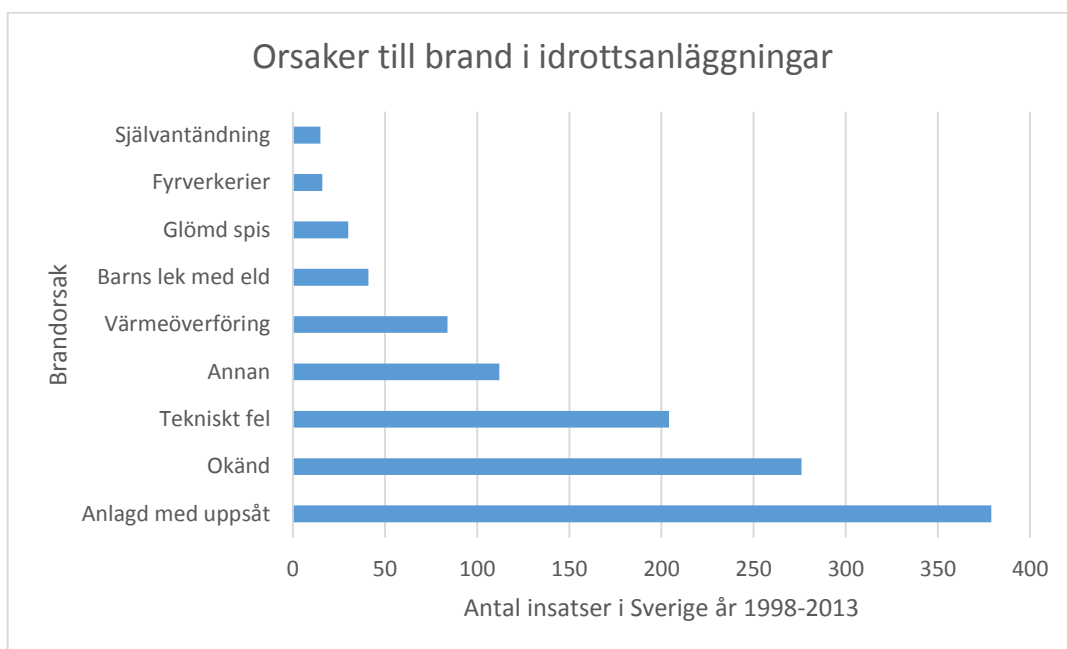
8 Riskidentifiering

En riskidentifiering genomförs för att undersöka potentiella brandrisker och deras konsekvenser. Denna genomförs genom att först göra en grovanalys där olika scenarion värderas efter sannolikhet och konsekvens. Sannolikheten bygger på statistik som beskrivs i avsnitt 8.1 nedan. Brandscenariona placeras därefter i en riskmatris utefter bedömning som gjorts i grovanalysen. Därefter studeras de scenarierna som kombinerat har högst sannolikhet och konsekvens i riskmatrisen ytterligare.

8.1 Brandstatistik i idrottshall

Att känna till statistiken över bränder som uppstått i idrottshallar i Sverige är viktigt för att bland annat kunna bedöma hur sannolika olika brandscenarier är.

Enligt IDA som är MSB:s statistikdatabas (MSB) så är förutom okänd orsak, anlagd brand med uppsåt och tekniskt fel två av de vanligaste orsakerna till att brand uppstår i byggnader med idrottsanläggningar, se Figur 13 nedan. Denna statistik används för att bedöma sannolikheten för olika brandscenarier.



Figur 13. Statistik över de vanligaste orsakerna till insatser från räddningstjänsten vid brand i idrottshall. (MSB)

8.2 Grovanalys

Ett antal brandscenarion värderas kvalitativt efter troligt händelseförlopp och konsekvens. Både sannolikhet och konsekvens bedöms för respektive brandscenarion enligt följande skala:

- Mycket låg
- Låg
- Medel
- Hög
- Mycket hög

Några tidigare tillbudsrapporteringar förekommer inte i byggnaden vilket innebär att det inte har förekommit någon tidigare brand i sporthallen. Att sannolikheten klassificeras som hög för ett visst brandscenarion innebär inte i sig att det är en stor sannolikhet att scenariot kommer inträffa. Skalan ovan är till för att värdera brandscenarierna sinsemellan för att slutligen kunna besluta vilka brandscenarion som bör studeras vidare.

En koppling till statistiken om orsaken till brand i idrottsanläggningar från 1998-2013 presenterad i avsnitt 8.1 görs för att kunna genomföra en rättvis sannolikhetsbedömning för respektive scenario. Informationen används som grund för att kvalitativt värdera riskerna.

Konsekvenserna bedöms efter hur människor kan påverkas negativt vid en utrymning.

8.2.1 Scenario 1 – Brand i läktare

Det första scenariot innefattar att en brand startar under södra läktaren på grund av ett elfel. Elfelet antänder närliggande material och rök sprider sig ut under läktarens underkant. Brandspridningen blir troligtvis snabb då det är mycket torrt trä och sågspån i utrymmet. Branden bör detekteras av uppsatta rökdetektorer i utrymmet under läktaren. Branden förväntas antända träkonstruktionen som läktaren består av och tillväxa snabbt.

På grund av att branden startar i läktaren där publiken befinner sig anses detta vara ett allvarligt scenario där konsekvenserna kan bli stora.

Då brandorsaken är tekniskt fel, vilket är en av de vanligaste anledningarna till bränder i idrottshallar, bedöms sannolikheten som hög.

Sannolikheten bedöms som **hög**.

Konsekvenserna bedöms som **mycket höga**.

8.2.2 Scenario 2 – Brand i förråd

En brand startar i förrådet placerat i övre foajén intill nödutgången, se Figur 4. I förrådet förvaras bord och stolar. Dessa är till för att användas vid större evenemang såsom cuper/matcher/mässor. Eftersom att samtliga bord och stolar i rummet inte förväntas att användas vid en basketmatch antas resterande bord och stolar vara det som brinner i scenario 2.

Det är ett glapp mellan förrådet och taket vilket innebär att brandgaser direkt kommer ut till övre foajén vilket förhindrar utrymning denna väg. Brandgasen förväntas upptäckas av rökdetektorn i foajén vilket startar utrymningslarmet.

Förrådet är låst och det är endast personalen som har tillgång till förrådet. Detta innebär att släckning försvåras då allmänheten inte kommer in i förrådet. Brandrisken ansätts som medel på grund av det utrymme mellan tak och vägg vilket gör det möjligt för eventuellt sabotage i form av anlagd brand. Konsekvenserna anses vara stora på grund av att utrymningsvägarna i foajén blockeras.

Sannolikheten bedöms som **medel**.

Konsekvenserna bedöms som **mycket höga**.

8.2.3 Scenario 3 – Brand i träningslokal

En brand startar i dansrummet på våningen under idrottshallen (suterrängvåning). Branden är anlagd med uppsåt och väggarna är klädda med trä som antänds av branden. Branden aktiverar utrymningslarmet och utrymning påbörjas. Antagandet görs att de som anlagt branden även ställer upp de tre dörrar som leder upp till nödutrymningsvägen för att orsaka maximal skada. Röken från branden på nedervåningen kommer därför upp ur trapphuset som leder till nödutgångarna på bortre kortsidan vilket innebär att samtliga personer måste utrymma ut genom foajén.

Sannolikheten bedöms som låg trots branden är anlagd. Det är kombinationen av anlagd brand och uppställning av dörrar som bedöms i scenariot. Att den person som anlägger branden även ställer upp dörrarna bedöms inte som lika troligt.

Sannolikheten bedöms som **låg**.

Konsekvenserna bedöms som **mycket höga**.

8.2.4 Scenario 4 – Brand ovanpå läktare

En anlagd brand startar på läktaren under pågående match. Branden blir snabbt upptäckt och utrymning förväntas påbörjas direkt. Då det inte finns några brandsläckare lättillgängliga på läktaren så kommer branden att kunna fortsätta växa och tillslut sprida sig. Det anses osannolikt att någon obemärkt kan antända till exempelvis en papperskorg när folk vistas på läktaren. Konsekvenserna bedöms som medel då ingen brandsläckare finns lättåtkomlig.

Sannolikheten bedöms som **låg**.

Konsekvenserna bedöms **medel**.

8.2.5 Scenario 5 – Brand i ungdomslokal

En anlagd brand startar i en soffa i ungdomslokalen. Brandgasen aktiverar en rökdetektor i taket och utrymningslarmet startar. Personerna som befinner sig i ungdomslokalen då branden startar förväntas kunna utrymma säkert då branden tros kunna uppmärksammas tidigt av samtliga personer i lokalen. Brandgasen rör sig in i ventilationssystemet placerat i taket. Brandgasspridning via ventilationssystemet till intilliggande brandcell förhindras effektivt genom att de fyra genomföringarna som finns av ventilationskanaler genom brandcellsgränserna är utrustade med brandspjäll och isolering av ventilationskanalen. Konsekvenserna bedöms som låga då lokalen är väl översiktlig och personer bör kunna utrymma med kort varsel. I lokalen finns även brandsläckare vilket kan förhindra att branden utvecklas i ett tidigt skede av brandförloppet. Sannolikheten bedöms som medel då det är en anlagd brand i en lokal där mestadels ungdomar vistas samtidigt som det finns personal på plats vid alla öppettider vilket sänker sannolikheten något.

Sannolikheten bedöms som **medel**.

Konsekvenserna bedöms som **låga**.

8.2.6 Scenario 6 – Brand i bollförråd

Branden startar i bollförrådet som ligger placerat på bortsidan av planen (sett från entrén). Branden antas vara anlagd och kan utvecklas utan att någon person upptäcker branden fram till dess att rök läcker ut ur utrymnet in till idrottshallen via dörröppningen. Branden upptäckts visuellt då ingen rökdetektor är placerad i bollrummet. Efter uppmärksammandet av branden förväntas lokalen att utrymmas.

Sannolikheten bedöms som mycket låg trots anlagd brand. Anledningen till detta är att vid en match finns det mycket folk med uppsikt över ingången till bollförrådet och dessa kommer troligtvis att upptäcka ett försök till anlagd brand. Förrådet är låst då lokalen inte används.

Sannolikheten bedöms som **mycket låg**.

Konsekvenserna bedöms som **hög**.

8.3 Riskmatris

Nedan presenteras en riskmatris innefattande de brandscenarion som beskrivs ovan i avsnitt 8.2.1 till 9.1.6.

Tabell 3. Riskmatris över uttänkta brandscenarion i idrottsdelen.

Mycket Hög					
Hög		Scenario 6			Scenario 1
Medel		Scenario 5			Scenario 2
Låg			Scenario 4		Scenario 3
Mycket låg					
Sannolikhet ↑					
Konsekvens →	Mycket Låg	Låg	Medel	Hög	Mycket hög

8.4 Val av brandscenarier

Scenario 1, 2 och 3 kommer att analyseras vidare då de sammantaget bedöms ha störst inverkan på en säker utrymning. Detta är med hänsyn till både sannolikhet och konsekvens.

9 Scenario 1 – Brand i läktare

Nedan beskrivs förutsättningarna och effekterna av brandscenario 1. Samtliga beräkningar redovisas i Bilaga 1.

9.1 Beskrivning

I sporthallen finns två läktare, norra respektive södra läktaren, se Figur 4. Under läktarna finns förvaringsutrymmen. Under norra läktaren förvaras diverse utrustning i form av bord och stolar. Den södra läktaren används också till viss del för förvaring men denna läktare inhyser också sporthallens AV-utrustning, se Bild 8. Läktarna och utrymmena under dessa består av obehandlat trä och mellan bjälklaget i golvet finns stora mängder sågspån, se Bild 9. Utrymmet är stort med en längd på 39 meter.

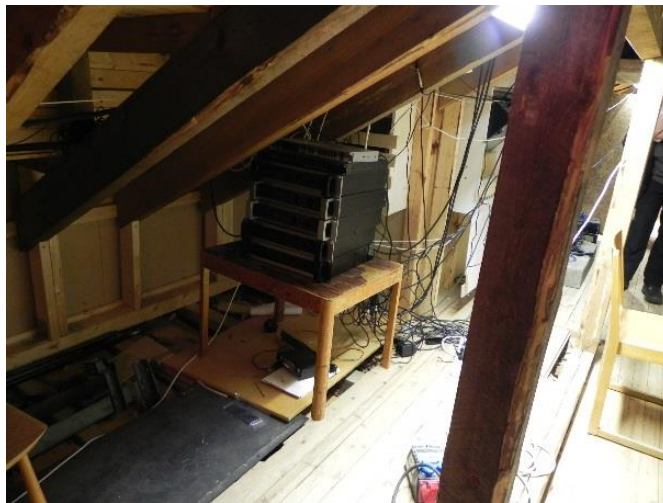


Bild 8. AV-utrustning under södra läktaren. (Platsbesök 19/2-2014)

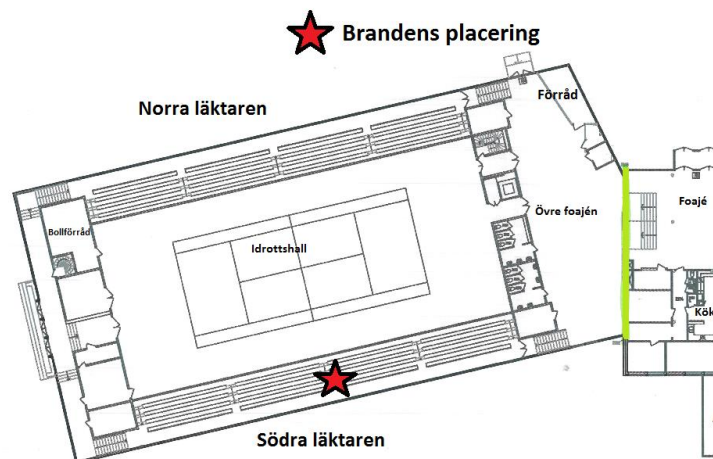


Bild 9. Sågspån i bjälklag. (Platsbesök 19/2-2014)

Brandscenario 1 grundar sig på ett tekniskt fel i AV-utrustningen som orsakar en brand under den södra läktaren. Branden förväntas starta bakom AV-utrustningen och spridas via sågspånen i golvet till utsidan på läktaren och därmed få nödvändig tillgång till syre för fortsatt tillväxt.

AV-utrustningen är placerad i mitten av läktaren vilket gör att branden kommer spridas från läktarens mitt och därmed kommer troligtvis inga utrymningsvägar påverkas initialt.

Brandens placering i byggnaden visas i Figur 14 på nästa sida.



Figur 14. Brandens placering i scenario 1.

9.2 Effektutveckling

I detta stycke beräknas effektutvecklingen i utrymmet under den södra läktaren. Metodiken som används är att brandens tillväxt antas ske enligt $\dot{Q} = at^2$. Alfa värdet ansätts till Fast (Boverket, 2013). Denna metodik förklaras närmre i Bilaga 1.

Läktaren är 39 meter lång och cirka 5 meter bred vilket ger en ungefärlig yta på 195 m². Detta kan ge en hög teoretisk maxeffekt men på grund av att mängden luft som kan strömma in i lokalen via de öppningar som finns kommer effektutvecklingen begränsas till maximalt 12,5 MW som uppnås efter cirka 500 sekunder. Detta illustreras i Bilaga 1.

Det bör påpekas att ingen hänsyn tas till inströmmande luft via ventilationssystemet. Anledningen till detta är delvis att det beräknade inflödet av luft via öppningar är något högre än det kommer vara i verkligheten då de dörrar som leder ut i det fria kommer vara stängda för att undvika att folk inte smiter in gratis. Detta innebär att tillgången till syrerik luft begränsas av mängden luft i övriga byggnaden. Den andra anledningen är att då tillväxthastigheten gör att brandens maxeffekt uppnås i anslutning till när räddningstjänstens insats beräknas påbörjas vilket leder till att eventuell fortsatt ökande effektutveckling inte är intressant för utrymning.

9.2.1 Ventilations- eller bränslekontrollerad

På grund av den stora tillgången på bränsle förväntas branden bli ventilationskontrollerad efter cirka 500 sekunder, se Bilaga 1 för detaljer. En ventilationskontrollerad brand har fortfarande potential att producera mycket brandgaser.

9.3 Simuleringsresultat gällande kritiska nivåer

I detta avsnitt presenteras resultaten gällande när kritiska förhållanden, enligt simuleringarna, uppstår i lokalen. Detta undersöks där människor befinner sig, vilket innebär att ingen av de som utrymmer under någon tidpunkt i utrymningen ska utsättas för nivåer som ligger ovanför de kritiska nivåerna. I följande stycke presenteras resultaten från grundsimuleringen, vilket är simuleringen med definierade antaganden och utan insatta åtgärder. Detta resultat jämförs sedan med både resultaten från simuleringar med åtgärdsförslag och resultaten från känslighetsanalysen.

Ur Tabell 4 nedan utläses att det skadekriterium som först uppfylls är brandgaslagrets nivå ovan golv. Detta sker efter 1 minut och 48 sekunder och är därför det skadekriterium som kommer analyseras vidare.

Tabell 4. Tabellen visar tiden till dess att respektive skadekriterium uppfylls i grundscenariot.

Skadekriterium	Kritiska nivåer	Tid till kriteriet överstigs
1. Brandgaslagrets nivå ovan golv	2,3 m över läktargolv	1 minut och 48 sekunder
3. Värmestrålning	2,5 kW/m ²	6 minuter och 10 sekunder
4. Temperatur	80°C	4 minuter
5. Toxicitet	CO > 2000 ppm CO ₂ > 5 % O ₂ < 15 %	Kritisk nivå uppstår inte inom utrymningstiden för CO ₂ och O ₂ . Kritisk nivå för CO uppstår efter 2 minuter och 10 sekunder

9.4 Handberäkning strålning

Då branden befinner sig i samma lokal som de utrymmande så finns det en risk att strålning från själva flamman kommer att ge kritiska förhållanden innan brandgaslagrets höjd. Detta kontrolleras därför med handberäkningar. Strålningen undersöks vid tiden för kritiskt förhållande rörande brandgaslagrets nivå ovan golv. Enligt beräkningsgången beskriven i Bilaga 1 så blir resultatet 0,9 kW/m² när kritiska förhållanden råder för brandgaslagrets höjd. Detta kommer därför inte förkorta tiden till kritiska förhållanden.

9.5 Tid till utrymning

Nedan presenteras detaljerna kring utrymningstiden i scenario 1. Tiden till utrymning beräknas genom att lägga ihop varseblivningstiden, förberedelsetiden och förflyttningstiden vilket genomförs nedan.

9.5.1 Varseblivningstid

Varseblivningstiden antas vara 0 sekunder. Detta beror på att brandens tillväxt kommer ske under läktaren i det tidiga stadiet och för att få en något enklare simulering valdes tidpunkten när branden bryter igenom som startpunkt för simuleringen. Personer i lokalen kommer bli varseblivna via detektorerna som är placerade under läktaren i god tid innan branden bryter igenom. Detta innebär att varseblivningstiden blir 0 sekunder från den tid då branden bryter igenom läktaren och inte från när branden startar.

9.5.2 Förberedelsetid

Förberedelsetiden antas också vara 0 sekunder från och med att branden bryter igenom läktaren. Personer i lokalen har blivit varseblivna om branden via brandlarmet och inom en kort tid kommer brandgaser tränga igenom läktaren. Detta gör att personer i lokalen antas använda tiden som det tar för branden att fullständigt bryta igenom läktaren till att förbereda sig på utrymning och börja röra sig omedelbart då branden blir synlig. Förutsättningen görs att utrymningen startar direkt då branden blir synlig ifall brandlarmet redan är aktiverat.

9.5.3 Förflyttningstid

Förflyttningstiden simuleras i Pathfinder. I detta scenario kommer inte någon nödutgång vara blockerad vilket medför att utrymning kan ske genom båda utrymningsvägar som finns ut till de fria. Förflyttningstiden är 3 minuter och 20 sekunder. Se Bilaga 3 för uppställningen i Pathfinder.

9.5.4 Total utrymningstid

Den totala utrymningstiden består av varseblivningstid, förberedelsestid samt förflyttningstid och uppgår i detta fall till 3 minuter och 20 sekunder. Detta visas i Tabell 5.

Tabell 5. Tabellen visar varseblivningstid, förberedelsestid, förflyttningstid och den totala utrymningstiden för scenario 1.

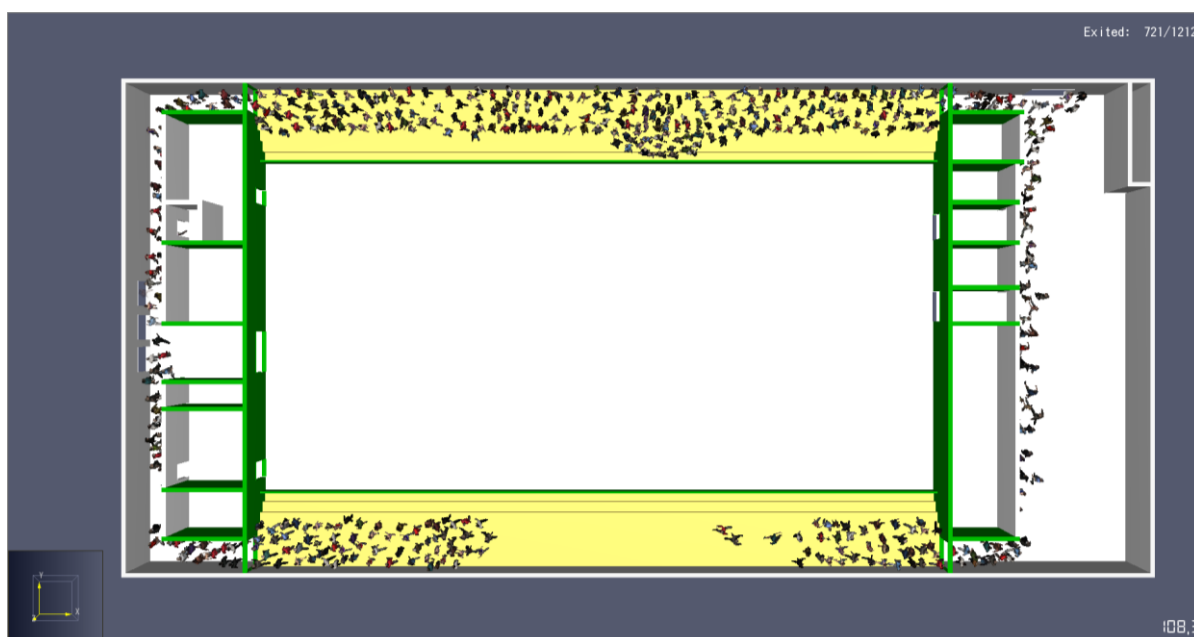
Varseblivningstid	0 sekunder
Förberedelsestid	0 sekunder
Förflyttningstid	3 minuter 20 sekunder
Total utrymningstid	3 minuter 20 sekunder

9.6 Resultat

I detta avsnitt redovisas den totala utrymningstiden tillsammans med tiden till kritiska förhållanden samt det totala antalet personer som inte hinner utrymma innan kritiska förhållanden uppstår, se tabell 6 nedan. Totalt kommer 491 av 1200 personer inte hinna utrymma i scenario 1. Detta antal har tagits fram genom att i Pathfinder avläsa hur många personer som hunnit ut innan kritiska förhållanden uppstår, se Figur 15.

Tabell 6. Tabellen visar antalet personer som inte hinner utrymma i grundscenariot i scenario 1 tillsammans med den totala utrymningstiden och tiden till kritiska förhållanden.

Total utrymningstid	3 minuter 20 sekunder
Tid till kritiska förhållanden	1 minut 48 sekunder
Antal personer som inte hinner utrymma	491



Figur 15. Pathfinderillustrering vid tiden för kritiska förhållande.

9.7 Känslighetsanalys

I känslighetsanalysen jämförs hur olika parametrar påverkar antalet personer som är kvar i lokalen då kritiska förhållanden uppstår.

Nedan undersöks hur soot yield, personantal och förberedelsetid påverkar resultatet i scenario 1, se Bilaga 5 för mer information om känslighetsanalysen.

9.7.1 Lägre soot yield

I grundscenariot används soot yield 0,1 g/g och i känslighetsanalysen används soot yield 0,015g/g vilket är representativt för trä. Detta beskrivs närmare i Bilaga 5.

Tiden till kritiska förhållanden i lokalen i fallet med en soot yield på 0,015g/g är längre än i fallet med en soot yield på 0,1 g/g. Varseblivningstiden och förberedelsetiden förändras inte märkbart.

Förflyttningstiden påverkas inte av ändringen. Den totala utrymningstiden blir då densamma som i grundscenariot. Eftersom det är längre tid till kritiska förhållanden så kommer fler personer att hinna ut innan kritiska förhållanden uppstår. I detta fall innebär det att 276 personer är kvar i byggnaden jämfört med 491 med den högre soot yield. Tabell 7 visar tider aktuella för fallet med en lägre soot yield.

Tabell 7. Totala utrymningstiden, tiden till kritiska förhållanden och antalet personer som inte hinner utrymma under säkra förhållanden i scenario 1 med en soot yield på 0,015g/g.

	Lägre soot yield
Total utrymningstid	3 minuter 20 sekunder
Tid till kritiska förhållanden [s]	2 minuter 20 sekunder
Antal personer som inte hinner utrymma	276

9.7.2 Antalet personer i byggnaden

Utrymningssimuleringar för scenario 1 har genomförts med 1200 personer i grundscenariot. Antalet kvarvarande i lokalen vid kritiska förhållanden för grundscenariot jämförs med fallet då det befinner sig 800 respektive 500 personer i lokalen. Detta beskrivs närmre i Bilaga 5.

Varseblivningstiden och förberedelsetiden är densamma som i grundscenariot. När det finns 800 personer i lokalen förkortas förflyttningstiden med 1 minut och 6 sekunder och när det finns 500 personer i lokalen förkortas förflyttningstiden med 1 minuter och 32 sekunder. Båda dessa jämfört med grundscenariot.

I fallet med 800 personer i lokalen så kommer 113 personer att vara kvar och med 500 personer i lokalen så kommer 0 personer vara kvar då kritiska förhållanden uppstår till skillnad från fallet med 1200 personer då siffran är 491 personer. Detta sammanfattas i Tabell 8 nedan.

Tabell 8. Den totala utrymningstiden samt antalet personer som är kvar i lokalen då kritiska förhållanden uppnås för 1200 respektive 800 personer i lokalen.

Antal personer i lokalen	Total utrymningstid	Antal personer kvar i byggnaden vid kritiska förhållanden
1200	3 minut och 20 sekunder	491
800	2 minuter och 14 sekunder	113
500	1 minut och 48 sekunder	0

9.7.3 Förberedelsetid

Förberedelsetiden ansätts i grundscenariot till 0 minuter i detta scenario. Förberedelsetiden är svår att uppskatta och en ökning av denna tid innebär att färre personer kommer hinna utrymma. Om förberedelsetiden ökas med endast 15 sekunder så befinner sig 598 personer i byggnaden när kritiska förhållanden uppstår. Detta är 107 personer mer än när förberedelsetiden är 0 sekunder, vilket är en betydande skillnad. Förberedelsetiden är svår att uppskatta och i detta scenario anses det vara rimligt att behålla den på noll sekunder.

9.7.4 Resultat

Nedan följer en sammanfattning över hur parametrarna inverkar på resultatet över hur många personer som hinner utrymma säkert i scenario 1.

- Vid en minskning av soot yield till ett värde representativt för trä så visar det sig att 215 personer *fler* hinner utrymma innan kritiska förhållanden uppstår i lokalen jämfört med soot yield-värdet 0,1g/g hämtat ur BBRAD.
- Vid en minskning av antalet personer i lokalen från 1200 till 800 personer så kommer 378 personer *fler* hinner utrymma innan kritiska förhållanden uppstår i lokalen. Vid en minskning till 500 personer i lokalen så kommer 0 personer vara kvar när kritiska förhållanden uppstår.
- En minskning av förberedelsetiden är inte möjlig då den är satt till 0 i grundscenariot. En ökning med 15 sekunder innebär att 107 personer *färre* hinner utrymma innan kritiska förhållanden uppstår i lokalen.

Resultatet visar att de tre parametrarna soot yield, antal personer i lokalen och förberedelsetiden samtliga har påverkan på hur många personer som hinner utrymma.

En minskning av soot yield till ett mer representativt värde innebär att fler personer hinner utrymma. Sett ur ett konservativt perspektiv så kan värdet för soot yield i BBRAD behållas i detta scenario då det innebär att färre personer hinner utrymma. För att få fram en siffra som speglar verkligheten bättre bör ett mer representativt värde för soot yield användas då denna parameter påverkar resultatet. Nämnvärt är att samtliga personer ändå inte hinner utrymma då värdet för trä används.

En minskning av personantalet i lokalen innebär att färre personer kommer finnas kvar i lokalen vid utrymning. Desto färre personer det är i lokalen desto fler kommer klara sig utan skador. Dock så räcker det inte i detta fall att personantalet har sänkts till 800 utan det måste sänkas till 500 personer för att samtliga skall hinna utrymma innan kritiska förhållanden uppstår.

Sett ur ett konservativt perspektiv så är förberedelsetiden den parameter som är viktigast att titta närmare på då en ökning av förberedelsetiden innebär att ett minskat antal personer hinner utrymma säkert. Även en mindre ökning av förberedelsetiden innebär att betydligt fler personer utsätts för fara.

9.8 Förslag på åtgärder

Nedan presenteras resultaten som simuleringarna gett när olika åtgärder satts in i scenariot för att undersöka hur stor effekt utvalda åtgärder faktiskt har på hur många som klarar sig.

9.8.1 Extra dörrar ut ifrån läktaren

Då utrymningen till stor del saktas ned på grund av kraftig köbildning på läktarna så är ett förslag på åtgärd att sätta in dörrar ut till det fria på varje läktare. Detta skulle avlasta utrymningen genom foajén eller den borte korridoren. I detta fall innebär extra dörrar att alla hinner utrymma innan kritiska förhållanden uppstår. För att detta skall uppnås innan kritiska förhållanden uppstår krävs att dörrarnas bredd är vardera 230 centimeter, se Tabell 9.

Tabell 9. Utrymning via extra dörrar på läktare.

Antal personer i lokalen	Total utrymningstid	Antal personer kvar i byggnaden vid kritiska förhållanden
1200	1 minut och 50 sekunder	0

9.8.2 Färre tillåtna i lokalen

En simulering genomfördes i känslighetsanalysen där endast 800 personer befann sig i lokalen. Trots det mindre antalet personer i lokalen så hinner samtliga inte ut. Det krävs att personantalet minskas till 500 personer för att fullständig utrymning skall hinna ske innan kritiska nivåer uppnås.

9.8.3 Talat utrymningslarm

I detta scenario får grundscenariot en förberedelsestid på 0 sekunder från det att branden blir synlig. Den kan därför inte förkortas ytterligare och denna åtgärd gör ingen större skillnad på resultatet från våra simuleringar.

9.8.4 AV-utrustning placerad i skåp

Då brandkällan i detta scenario är tekniskt fel i AV-utrustning under läktaren är en rimlig åtgärd att placera denna utrustning i ett brandsäkert skåp. Detta för att förhindra att det tekniska felet leder till brandspridning.

9.9 Sammanfattning av åtgärder

De åtgärder som krävs för att erhålla ett fullgott skydd som innefattar extra dörrar i läktare i kombination med minskat personantal i lokalen. Om detta utförs kommer alla att hinna utrymma på ett säkert sätt.

Att flytta AV-utrustningen är den åtgärd som kan förhindra att branden i detta scenario uppstår till en första början, dock är detta enbart en lösning för detta scenario som grundar sig på ett tekniskt fel i denna utrustning. Brand skulle kunna uppstå på läktaren av andra anledningar.

10 Scenario 2 – Brand i förråd

Nedan presenteras brandscenario 2 mer detaljerat.

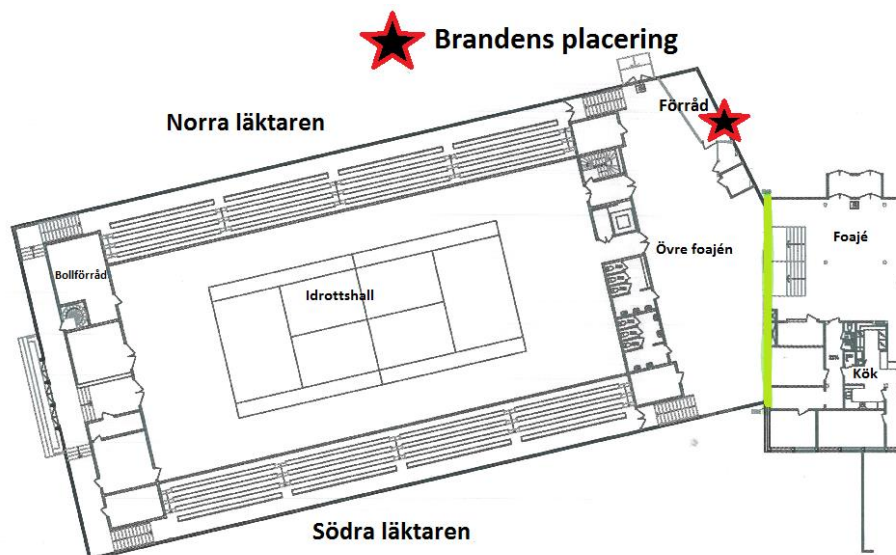
10.1 Beskrivning

Förrådet är beläget i övre foajéns norra hörn och är uppbyggt med en vägg som inte går hela vägen upp till taket. Förrådet är låst och kan bara öppnas av behörig personal. I förrådet förvaras enligt uppgift cirka 150 stolar och 30 bord. Vid match förväntas det vara cirka 20 bord inne i förrådet då stolarna används i hallen som sittplatser och några av borden används ute i foajén.

En brand antas anläggas i förrådet genom att något brinnande kastas in genom glappet mellan taket och förrådets vägg. Detta kommer sedan att antända de bord som står inne i förrådet och en brand kommer kunna utvecklas. Denna förväntas inte få så stor effektutveckling men blir svårsläckt för personer på plats då rummet är låst.

Brandlarmet löser ut efter 44 sekunder och då är redan förhållanden i foajén så pass dåliga att utrymning denna väg omöjliggörs. Detta innebär att samtliga personer som befinner sig i lokalen endast kommer att kunna utrymma genom de tre dörrarna på bortsida.

Brandens placering i byggnaden visas i Figur 16.



Figur 16. Brandens placering i scenario 2.

10.2 Effektutveckling

I denna del beräknas effektutvecklingen i förrådet i övre foajén. Metodiken som används är att brandens tillväxt sker enligt $\dot{Q} = \alpha t^2$. Alfavärdet ansätts till Ultra fast baserat på siffror ifrån Initial Fires (Särdqvist, 1993) där försök har gjorts med brinnande stolar. Denna metodik förklaras närmre i Bilaga 1.

Då effekten kommer begränsas av den mängd luft som kan strömma in genom springan mellan väggen och taket är den teoretiska maxeffekten för detta utrymme cirka 0,32 MW. Detta uppnås efter 50 sekunder, se mer i Bilaga 1.

10.2.1 Ventilations eller bränslekontrollerad

Branden blir tidigt ventilationskontrollerad på grund att öppningsarean mellan tak och vägg inte är tillräckligt stor för att branden ska bli bränslekontrollerad. Ingen hänsyn tas till luft som eventuellt skulle tillföras via ventilationen då det inte finns någon tilluft i förrådet, se Bilaga 1 för detaljer kring beräkningar.

10.3 Simuleringsresultat gällande kritiska nivåer

Nedan presenteras detaljer kring de simuleringar som genomförts i detta scenario med avseende på skadekriterier.

I detta scenario uppnås endast skadekriteriet gällande brandgaslagrets nivå ovan golv. Tiden till kritisk brandgasnivå är 360 sekunder (6 minuter) och är den tiden som analyseras vidare och jämförs med tiden för utrymningen. Detta sammanfattas i Tabell 10.

Tabell 10. Tabellen visar tiden till dess att respektive skadekriterium uppfylls i grundscenariot.

Skadekriterium	Kritiska nivåer	Tid till kriteriet uppnås
1. Brandgaslagrets nivå ovan golv	2,3 m över läktargolv	6 minuter
3. Värmestrålning	2,5 kW/m ²	Kritisk nivå uppnås inte inom utrymningstiden
4. Temperatur	80 °C	Kritisk nivå uppnås inte inom utrymningstiden
5. Toxicitet	CO > 2000 ppm CO ₂ > 5 % O ₂ < 15 %	Kritisk nivå uppnås inte inom utrymningstiden

10.4 Tid till utrymning

Nedan presenteras detaljerna kring utrymningstiden i detta scenario. Tiden till utrymning beräknas genom att lägga ihop varseblivningstiden, förberedelsetiden och förflyttningstiden vilket genomförs nedan.

10.4.1 Varseblivningstid

Det finns rökdetektorer i taket i foajén som detekterar branden efter 44 sekunder enligt genomförda simuleringar i FDS.

10.4.2 Förberedelsetid

Brandgaserna blir synliga i sporthallen efter 44 sekunder, alltså samtidigt som rökdetektorn utlöser. Detta innebär att förberedelsetiden är 1 minut. (Boverket, 2013)

10.4.3 Förflyttningstid

Förflyttningstiden simuleras i Pathfinder. Då dörrarna i foajén kommer att bli blockerade tidigt av den kraftiga rökspridningen ur förrådet så uppgår förflyttningstiden till 5 minuter och 24 sekunder då det förutsätts att det befinner sig 1200 personer i lokalen. Se Bilaga 3 för uppställningen i Pathfinder.

10.4.4 Total utrymningstid

Den totala utrymningstiden uppgår till 7 minuter och 8 sekunder när varseblivnings-, förberedelse- samt förflyttningstiden adderats. Detta sammanfattas i Tabell 11.

Tabell 11. Tabellen visar varseblivningstid, förberedelsestid, förflyttningstid och den totala utrymningstiden för scenario 2.

Varseblivningstid	44 sekunder
Förberedelsestid	1 minut
Förflyttningstid	5 minuter 24 sekunder
Total utrymningstid	7 minuter 8 sekunder

10.5 Resultat

Nedan i Tabell 12 presenteras antalet personer som inte hinner utrymma i scenario 2. I Figur 17 visas en ögonblicksbild vid tiden för kritiska förhållande.

Tabell 12. Tabellen visar total utrymningstid, tid till kritiska förhållanden och antalet personer som inte hinner utrymma i scenario 2.

Total utrymningstid	7 minuter 8 sekunder
Tid till kritiska förhållanden	6 minuter
Antal personer som inte hinner utrymma	235



Figur 17. Pathfinderillustration vid tiden för kritiska förhållande.

10.6 Känslighetsanalys

I känslighetsanalysen jämförs hur olika parametrar påverkar antalet personer som är kvar i lokalen då kritiska förhållanden uppstår. Nedan undersöks hur soot yield, personantal och förberedelsestid påverkar resultatet i scenario 2.

10.6.1 Lägre soot yield

I grundscenariot används soot yield 0,1 g/g och i känslighetsanalysen används soot yield 0,015 g/g vilket är representativt för trä. Detta beskrivs närmare i Bilaga 5.

Tiden till kritiska förhållanden i lokalen i fallet med en lägre soot yield på 0,015 g/g är densamma som i fallet med en soot yield på 0,1 g/g. Varseblivningstiden och förberedelsetiden förändras inte märkbart. Förflyttningstiden påverkas inte av ändringen. Den totala utrymningstiden blir då densamma som i grundscenariot vilket innebär att 235 personer kommer att finnas kvar i byggnaden då kritiska förhållanden uppstår. Tabell 13 visar tider aktuella för fallet med en lägre soot yield.

Tabell 13. Totala utrymningstiden, tiden till kritiska förhållanden och antalet personer som inte hinner utrymma under säkra förhållanden i scenario 2 med en soot yield på 0,015 g/g.

	Lägre soot yield
Total utrymningstid	7 minuter 8 sekunder
Tid till kritiska förhållanden [s]	6 minuter
Antal personer som inte hinner utrymma	235

10.6.2 Antalet personer i byggnaden

Utrymningssimuleringar för scenario 2 har genomförts med 1200 personer i grundscenariot. Antalet kvarvarande i lokalen vid kritiska förhållanden för grundscenariot jämförs med fallet då det befinner sig 800 personer i lokalen. Detta beskrivs närmare i Bilaga 5.

Varseblivningstiden och förberedelsetiden är densamma som i grundscenariot. Förflyttningstiden förkortas med 1 minut och 44 sekunder jämfört med grundscenariot vilket ger en förflyttningstid på 3 minuter och 35 sekunder med 800 personer i lokalen. Den totala utrymningstiden blir då 5 minuter och 19 sekunder.

I fallet med 800 personer i lokalen så kommer 0 personer att befinna sig i lokalen då kritiska förhållanden uppstår till skillnad från fallet med 1200 personer då siffran är 235 personer. Detta sammanfattas i Tabell 14 nedan.

Tabell 14. Den totala utrymningstiden samt antalet personer som är kvar i lokalen då kritiska förhållanden uppnås för 1200 respektive 800 personer i lokalen.

Antal personer i lokalen	Total utrymningstid	Antal personer kvar i byggnaden vid kritiska förhållanden
1200	7 minuter 8 sekunder	235
800	5 minuter 19 sekunder	0

10.6.3 Förberedelsetid

Förberedelsetiden ansätts i grundscenariot till 1 minut från och med att larret går och röken syns i dörröppningen. Dessa två intryck uppmärksammas vid samma tidpunkt. Detta jämförs med en förberedelsetid på 30 sekunder samt 1 minut och 30 sekunder. Resultatet visas i Tabell 15 på nästa sida.

Tabell 15. I tabellen visas antalet personer som är kvar i byggnaden då kritiska förhållanden uppstår i lokalen då förberedelse tiden är 0,5, 1 respektive 1,5 minut.

Förberedelse tid	Antal personer kvar i byggnaden vid kritiska förhållanden
30 sekunder	118
1 minut	235
1 minut 30 sekunder	343

10.6.4 Resultat

Nedan följer en sammanfattning över hur parametrarna inverkar på resultatet över hur många personer som hinner utrymma säkert i scenario 2.

- Vid en minskning av soot yield till ett värde representativt för trä så visas *ingen* skillnad för antalet personer som utsätts för kritiska förhållanden jämfört med soot yield-värdet 0,1g/g taget ur BBRAD (Brandskyddshandboken, 2014).
- Vid en minskning av antalet personer i lokalen från 1200 till 800 personer så kommer *samtliga* personer hinna ut innan kritiska förhållanden uppstår.
- Vid en minskning respektive ökning av förberedelse tiden så kommer 117 personer *fler* respektive 108 personer *färre* att hinna utrymma innan kritiska förhållanden.

Bland de tre ovan nämnda parametrar i känslighetsanalysen så påverkar soot yield minst. Det finns inte någon märkbar skillnad mellan grundscenariot och i fallet med en lägre soot yield när det gäller antalet personer som hinner utrymma säkert. Detta innebär att denna parameter ger liten inverkan på resultatet och både värdet från BBRAD och värdet representativt för trä anses vara acceptabelt.

Med en minskning av antalet personer i lokalen från 1200 till 800 personer så kommer samtliga personer hinna utrymma under säkra förhållanden. Denna parameter gör därmed stor skillnad i detta scenario.

Enligt känslighetsanalysen kan 117 personer fler respektive 108 personer färre hinna utrymma säkert då förberedelse tiden minskar respektive ökar med 30 sekunder. Eftersom förberedelse tiden varierar från fall till fall beroende på förutsättningarna så är det inte orimligt att dessa siffror blir aktuella. I scenariot kan dock slutsatsen dras att förberedelse tiden spelar en stor roll, fast oavsett antaganden när det gäller förberedelse tid så kommer inte alla personer att hinna ut innan kritiska förhållanden uppstår.

10.7 Förslag på åtgärder

Nedan presenteras resultaten som simuleringarna gett när olika åtgärder satts in i scenariot för att undersöka hur stor effekt utvalda åtgärder faktiskt har på hur många som klarar sig.

10.7.1 Automatiska dörrstängare in i hallen

Den främsta anledningen till att det blir kritiska förhållanden i hallen så fort är att röken obehindrat kan ta sig in genom de öppna dörrarna som leder in till läktarna. Därför finns förslaget att installera automatiska dörrstängare i utrymningsvägarna. Den mängd rök som skulle komma in genom eventuella läckor kring dörrarna anses inte kunna ge kritiska förhållanden innan utrymning hunnit genomföras fullständigt. Detta skulle i förlängning innebära att ingen är kvar i byggnaden när kritiska förhållanden uppstår.

Med automatiska dörrstängare för dörrarna i utrymningsvägarna beräknas 0 personer befinna sig i lokalen då kritiska förhållanden uppstår. Detta då röken förhindras att ta sig in i lokalen och kritiska förhållanden hinner därför aldrig uppstå.

10.7.2 Extra dörrar ut ifrån läktaren

Då utrymningen till stor del saktas ned på grund av kraftig köbildning på läktarna så är ett förslag på en åtgärd att sätta in dörrar ut till det fria på varje läktare. Detta skulle göra att inte alla måste utrymma genom foajén eller den bortre korridoren. Pathfinder simuleringar visar att utrymningstiden i detta scenario minskas till under tiden för kritiska förhållande om det installeras 230 centimeter breda dörrar på varje läktare. 230 centimeter är den bredd som krävs för att samtliga 1200 personer ska hinna utrymma utan att utsättas för kritiska förhållanden. Detta innebär att inga personer kommer att vara kvar i byggnaden när kritiska förhållanden uppstår.

10.7.3 Färre tillåtna i lokalen

En simulering genomfördes i känslighetsanalysen där endast 800 personer befann sig i lokalen. När endast 800 personer skulle utrymma i detta scenario så hann samtliga ut, även då foajén var blockerad, innan kritiska förhållanden uppstod. Detta innebär att 0 personer är kvar i byggnaden när kritiska förhållanden uppstår, i detta scenario, om endast 800 befinner sig i lokalen.

10.7.4 Talat utrymningslarm

I detta scenario får grundscenariot en förberedelsestid på 1 minut från och med att röken syns i idrottshallen. Ett talat utrymningslarm skulle i detta fall inte förkorta förberedelsestiden då denna som kortast kan antas vara 1 minut från och med att ett utrymningslarm startar, denna tid sammanfaller i detta scenario med tiden från att röken syns adderat med en minut. (Boverket, 2013)

10.8 Sammanfattning av åtgärder

Med automatiska dörrstängare, extra dörrar i läktarna eller om det endast är 800 personer i lokalen så befinner sig ingen kvar i byggnaden vid kritiska förhållanden. Med talat utrymningsmeddelande så blir resultatet detsamma som i grundscenariot då förberedelsestiden blir densamma i detta fall.

11 Scenario 3 – Brand i träningslokal

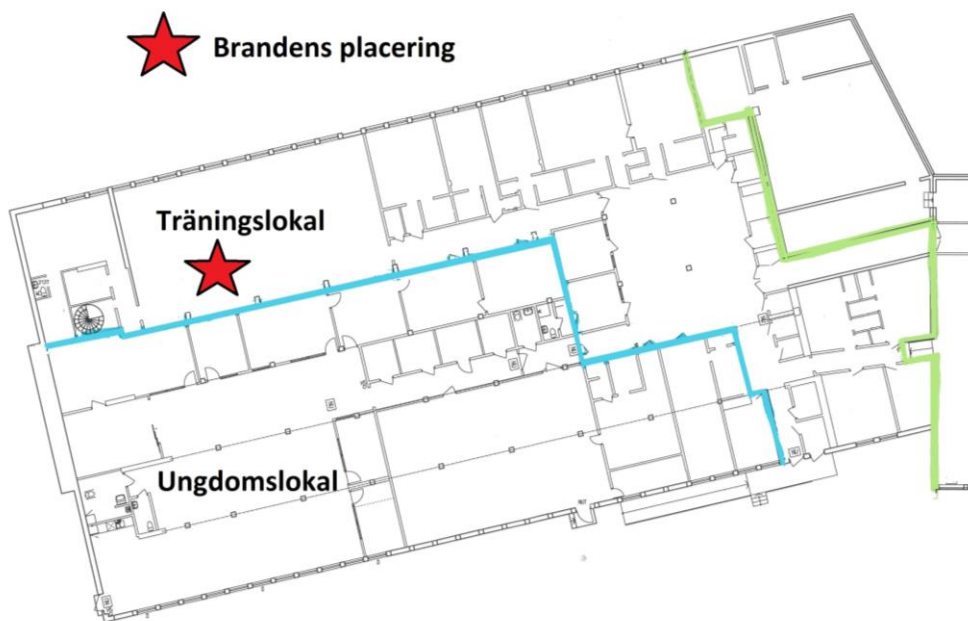
Nedan beskrivs förutsättningarna och effekterna av brandscenario 3.

11.1 Beskrivning

Brandscenario 3 består av en anlagd brand i träningslokalen på nedre plan (suterrängvåning). Detta rum ligger i direkt anslutning till utrymningstrappan som leder upp till byggnadens ena kortsida, motstående foajén. Vid brand här undersöks ifall brandgaser sprids upp via utrymningstrappan och ansamlas i korridoren där utrymning till det fria skall göras. Om detta är fallet så omöjliggör det utrymning från sporthallen denna väg. Röken måste passera tre dörrar för att sprida sig till utrymmet på våningen ovanför. Två av dessa är självstängande (de dörrar som leder till spiraltrappan) medan dörren till själva träningshallen saknar detta. Eftersom dessa dörrar inte är branddörrar så är det tillåtet att ställa upp dem. Vid brandscenariot anses alla dörrar upp till korridoren på övervåningen vara uppställda av den som anlade branden för att göra så stor skada som möjligt. Dörrarna till andra delen av nedervåningen anses vara stängda vilket begränsar brandgasspridningen på nedervåningen. I stort sett har röken bara en väg att ta ifrån träningsrummet och det är upp till utrymningskorridoren på våningen över.

De som befinner sig i nedre planet antas kunna använda övriga utrymningsvägar i nedre planet och således innebär detta scenario främst försvärande av utrymning ifrån sporthallen, där också många människor befinner sig. Det är också utrymningen ifrån sporthallen som analyseras vidare i detta scenario.

Brandens placering i byggnaden visas i Figur 18.



Figur 18. Brandens placering i scenario 3.

11.2 Effektutveckling

I denna del beräknas effektutvecklingen i träningsrummet på nedre plan. Metodiken som används är att brandens tillväxt sker enligt $\dot{Q} = \alpha t^2$. Alfa värdet ansätts till Medium. Det ansågs representativt att ta alfavärdet för träpallar då det inte är helt klart vad som brinner och det finns träpanel på väggen i rummet (Karlsson & Quintiere, 1999). Denna metodik förklaras närmre i Bilaga 1.

Då den maximala effekten för den mängd bränsle som finns i lokalen begränsas av den mängd luft som kan strömma in genom öppningar är den teoretiska maxeffekten för detta utrymme cirka 1,3 MW som uppnås efter 170 sekunder. Beräkningar visas i Bilaga 1.

11.2.1 Ventilations- eller bränslekontrollerad

Branden kommer bli ventilationskontrollerad efter 170 sekunder då det är riklig tillgång på bränsle men begränsat med syre. Beräkningarna beskrivs i Bilaga 1.

11.3 Simuleringsresultat gällande kritiska nivåer

I tabellerna nedan presenteras tiden till kritiska förhållanden på läktarna. Innan dessa uppnås förutsätts att alla måste utrymt för att säkerställa att alla klarar sig. I Tabell 16 visas resultatet från grundscenariot.

Tabell 16. Tabellen visar tiden till dess att respektive skadekriterium uppfylls i grundscenariot.

Skadekriterium	Kritiska nivåer	Tid till kriteriet uppnås
1. Brandgaslagrets nivå ovan golv	2,3 m över läktargolv	7 minuter och 30 sekunder
3. Värmestrålning	2,5 kW/m ²	Kritisk nivå uppnås inte inom utrymningstiden
4. Temperatur	80 °C	Kritisk nivå uppnås inte inom utrymningstiden
5. Toxicitet	CO > 2000 ppm CO ₂ > 5 % O ₂ < 15 %	Kritisk nivå uppnås inte inom utrymningstiden

Vid 7 minuter och 30 sekunder så har brandgaslagrets höjd understigit 2,3 m på läktaren, vilket innebär att brandgaslagret har börjat krypa ned under taket vid läktaren när folk fortfarande befinner sig på läktaren. Detta är det enda skadekriterium som uppfylls i detta scenario. Temperaturen i gymnastikhallen uppnår aldrig mer än 80 °C, detta sker endast i själva träningsrummet och utgör därför inget direkt hot mot de som ska utrymma. Värmestrålningen under brandförloppet överstiger inte 2,5 kW i hallen.

11.4 Tid till utrymning

Nedan presenteras detaljerna kring utrymningstiden i detta scenario. Tiden till utrymning beräknas genom att lägga ihop varseblivningstiden, förberedelsetiden och förflyttningstiden vilket genomförs nedan.

11.4.1 Varseblivningstid

Varseblivningstiden här är tiden det tar för branden att aktivera detektorerna som sedan ska aktivera utrymningslarmet. I grundscenariot tar det 53 sekunder, detta enligt simuleringar i FDS.

11.4.2 Förberedelsetid

Förberedelsetiden är här 3 minuter och 30 sekunder enligt stycke 6.2.2.

11.4.3 Förflyttningstid

Då branden på nedervåningen snabbt ger rökspridning upp i korridoren på borte kortsidan så kommer de nödutgångarna att blockeras. Då 1200 personer förväntas befinna sig i lokalen och utrymning endast kan ske genom foajén uppgår förflyttningstiden till 7 minuter och 41 sekunder.

11.4.4 Total utrymningstid

Den totala utrymningstiden består av varseblivningstid, förberedelsestid samt förflyttningstid. I Tabell 17 nedan redovisas den totala utrymningstiden.

Tabell 17. Tabellen visar varseblivningstid, förberedelsestid, förflyttningstid och den totala utrymningstiden för scenario 3.

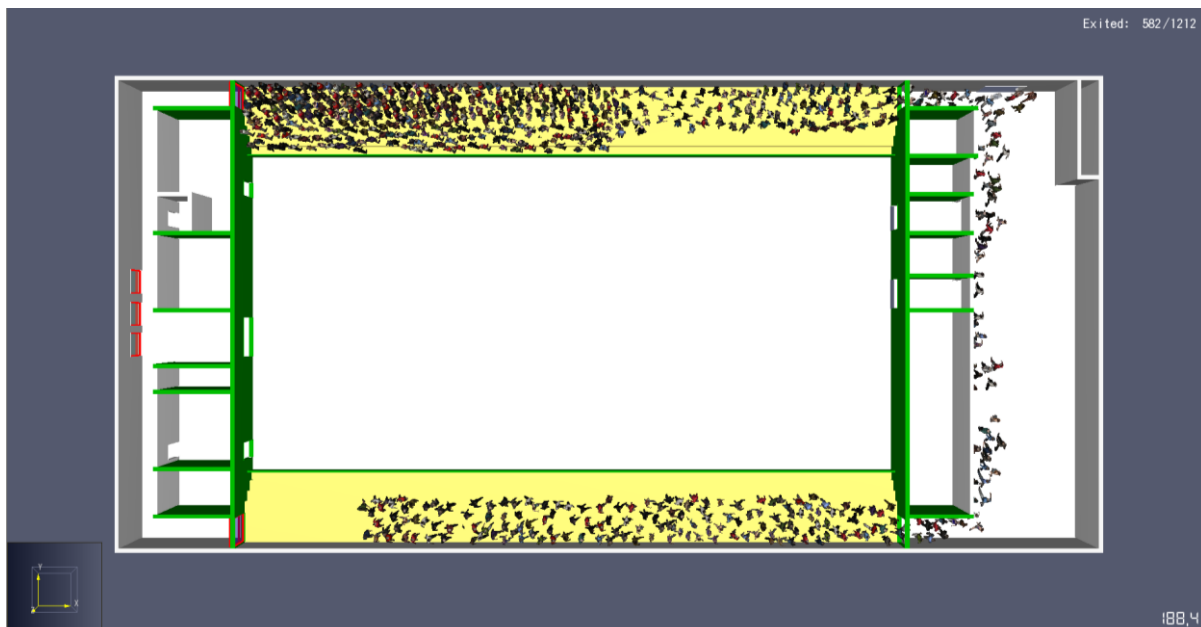
Varseblivningstid	52 sekunder
Förberedelsestid	3 minuter 30 sekunder
Förflyttningstid	7 minuter 40 sekunder
Total utrymningstid	12 minuter 2 sekunder

11.5 Resultat

I Tabell 18 nedan presenteras antalet personer som inte hinner utrymma i scenario 3. Figur 19 visar en ögonblicksbild vid tiden för kritiska förhållande.

Tabell 18. Tabellen visar total utrymningstid, tid till kritiska förhållanden och antalet personer som inte hinner utrymma i scenario 3.

Total utrymningstid	12 min 2 sekunder
Tid till kritiska förhållanden	7 minuter 30 sekunder
Antal personer som inte hinner utrymma	630



Figur 19. Pathfinderillustration vid tiden för kritiska förhållande.

11.6 Känslighetsanalys

I känslighetsanalysen jämförs hur olika parametrar påverkar antalet personer som är kvar i lokalen då kritiska förhållanden uppnås. Nedan undersöks hur soot yield, personantal och förberedelsetid påverkar resultatet i scenario 3. Valet av parametrarna beskrivs närmare i Bilaga 5.

11.6.1 Lägre soot yield

I grundscenariot används en soot yield på 0,1 g/g och i känslighetsanalysen används en soot yield på 0,015 g/g. Detta värde är representativt för trä.

Tiden till kritiska förhållanden i lokalen ändras till 7 minuter och 10 sekunder i fallet med en lägre soot yield vilket är 20 sekunder tidigare än i grundscenariot. Varseblivningstiden och förberedelsetiden ändras inte märkbart. Detta innebär att 697 personer fortfarande kommer att befinna sig i lokalen då kritiska förhållanden uppstår till skillnad från grundscenariot där denna siffra var 630 personer. Tabell 19 nedan visar den totala utrymningstiden, tiden till kritiska förhållanden och antalet personer som inte hinner utrymma under säkra förhållanden.

Tabell 19. Totala utrymningstiden, tiden till kritiska förhållanden och antalet personer som inte hinner utrymma under säkra förhållanden i scenario 3 med en soot yield på 0,015g/g.

Total utrymningstid	12 min 2 sekunder
Tid till kritiska förhållanden	7 minuter 10 sekunder
Antal personer som inte hinner utrymma	697

11.6.2 Antal personer

Utrymningssimuleringar för scenario 3 har genomförts med 1200 personer i grundscenariot. Antalet kvarvarande i lokalen vid kritiska förhållanden för grundscenariot jämförs med fallet då det befinner sig 800 personer i lokalen. Varseblivningstiden och förberedelsetiden är densamma som i grundscenariot. Förflyttningstiden förkortas med 2 minut och 16 sekunder jämfört med grundscenariot vilket ger en förflyttningstid på 5 minuter och 14 sekunder. Den totala utrymningstiden och antalet personer som är kvar i lokalen vid ett maxantal på 1200 respektive 800 personer då kritiska förhållanden uppstår visas i Tabell 20 nedan.

Tabell 20. Den totala utrymningstiden samt antalet personer som är kvar i lokalen då kritiska förhållanden uppnås för 1200 respektive 800 personer i lokalen.

Antal personer i lokalen	Total utrymningstid	Antal personer kvar i byggnaden vid kritiska förhållanden
1200	12 minuter 2 sekunder	630
800	9 minuter 36 sekunder	254

I fallet med 800 personer i lokalen så kommer 254 personer att befinna sig i lokalen då kritiska förhållanden uppstår till skillnad från fallet med 1200 personer då siffran är 630 personer.

11.6.3 Förberedelsetid

Förberedelsetiden är 3 minuter och 30 sekunder i grundscenariot. Detta jämförs med en ansatt förberedelsetid på 2 minuter respektive 5 minuter. Resultatet visas i Tabell 21 på nästa sida.

Tabell 21. I tabellen visas antalet personer som är kvar i byggnaden då kritiska förhållanden uppnås i lokalen då förberedelse tiden är 2, 3,5 respektive 5 minuter.

Förberedelse tid	Antal personer kvar i byggnaden vid kritiska förhållanden
2 minuter	353
3 minuter 30 sekunder	630
5 minuter	929

11.6.4 Resultat känslighetsanalys

Nedan följer en sammanfattning över hur parametrarna inverkar på resultatet över hur många personer som hinner utrymma säkert i scenario 3.

- Vid en minskning av soot yield till ett värde representativt för trä så kommer *ytterligare* 67 personer utsättas för kritiska förhållanden jämfört med soot yield-värdet taget ur BBRAD (Boverket, 2013).
- Vid en minskning av antalet personer i lokalen från 1200 till 800 personer så kommer 376 personer *färre* vara kvar i byggnaden när kritiska förhållanden uppnås.
- Vid en minskning respektive ökning av förberedelse tiden så kommer 277 personer *fler* respektive 299 personer *färre* att hinna utrymma innan kritiska förhållanden.

Eftersom en sänkning av soot yield tros påverka utrymningsförloppet negativt, sett till antalet personer som utsätts för kritiska förhållanden, så bör denna parameter tittas närmare på i detta scenario. Ett representativt värde för materialet som brinner kan därmed rekommenderas i detta scenario för att inte underskatta antalet personer som inte hinner ut under säkra förhållanden.

Med en minskning av antalet personer i lokalen från 1200 till 800 personer så är 376 färre kvar i lokalen när kritiska förhållanden uppnås. Att minska maxantalet personer som får vistas i lokalen innebär alltså att betydligt fler personer klarar sig. Nämnvärt är att trots denna minskning med 400 personer som gjorts så kommer 254 personer inte hinna ut innan kritiska förhållanden uppnås.

Enligt känslighetsanalysen kan 299 personer fler respektive 277 personer färre hinna utrymma säkert då förberedelse tiden minskar respektive ökar med 1,5 minut. Eftersom att förberedelse tiden varierar från fall till fall beroende på förutsättningarna så är det inte orimligt att dessa siffror blir aktuella. I vårt scenario kan dock slutsatsen dras att förberedelse tiden spelar en stor roll fast oavsett våra antaganden när det gäller förberedelse tid så kommer inte alla personer att hinna ut innan kritiska förhållanden uppstår.

11.7 Förslag på åtgärder

Nedan presenteras resultaten från simuleringarna när olika åtgärder satts in i scenariot för att undersöka hur stor effekt utvalda åtgärder har på hur många personer som är kvar i byggnaden när kritiska förhållanden uppstår.

11.7.1 Automatiska dörrstängare in i hallen

Den främsta anledningen till att det blir kritiska förhållanden i hallen så fort är att brandgaserna obehindrat kan ta sig in genom de öppna dörrarna som leder in till läktarna. Därför finns förslaget att installera automatiska dörrstängare. Detta skulle förhindra att kritiska förhållanden uppstår inne i hallen. Den mängd brandgaser som skulle komma in genom eventuella läckor kring dörrarna anses inte kunna ge kritiska förhållanden innan utrymning hunnit genomföras fullständigt. Detta skulle i förlängningen innebära att ingen är kvar i byggnaden när kritiska förhållanden uppstår.

Vid inköpet av automatiska dörrstängare för dörrarna i utrymningsvägarna beräknas 0 personer bli kvar i byggnaden efter att kritiska förhållanden uppstår. Detta då röken förhindras att ta sig in i lokalen och kritiska förhållanden hinner därför aldrig uppstå under den tid kring branden som denna rapport tar hänsyn till.

11.7.2 Extra dörrar ut ifrån läktaren

Då utrymningen till stor del saktas ned på grund av kraftig köbildning på läktarna så är ett förslag på åtgärd att sätta in dörrar ut till det fria på varje läktare. Detta skulle göra att inte alla måste utrymma genom foajén eller den borte korridoren. Pathfindersimuleringar visar att utrymningstiden i detta scenario minskas till under tiden för kritiska förhållande om det installeras 230 centimeter breda dörrar på varje läktare. Detta innebär att inga personer kommer att vara kvar i byggnaden när kritiska förhållanden uppstår.

11.7.3 Färre tillåtna i lokalen

En simulering genomfördes i känslighetsanalysen där endast 800 personer befann sig i lokalen. När endast 800 personer skulle utrymma i detta scenario så hann inte alla ut innan kritiska förhållanden uppstod. Det visade sig att 255 personer blir kvar i byggnaden när kritiska förhållanden uppstår då förflyttningstiden är 5 minuter och 14 sekunder även då bara 800 personer befinner sig i lokalen.

11.7.4 Talat utrymningslarm

I detta scenario blir förberedelsetiden 3 minuter och 30 sekunder från och med att utrymningslarmet går. Ett talat utrymningslarm skulle förkorta förberedelsetiden då denna kan antas vara 1 minut om ett tydligt talat meddelande installeras, detta enligt BBRAD (Boverket, 2013). Även om förberedelsetiden förkortas till 1 minut så kommer fortfarande 211 personer vara kvar i byggnaden när kritiska förhållanden uppstår i hallen.

11.8 Sammanfattning av åtgärder

Med automatiska dörrstängare respektive extra dörrar i läktarna kommer samtliga att hinna utrymma innan kritiska förhållanden uppstår i lokalen. Även om både färre tillåtna i lokalen samt ett tydligt talat utrymningslarm minimerar antalet som är kvar i byggnaden hjälper det inte helt och 255 respektive 211 personer blir ändå kvar. Kombinationen av de två sistnämnda åtgärderna kan inte heller garantera att alla hinner ut innan kritiska förhållanden uppstår.

12 Sammanfattning åtgärder

Nedan presenteras en sammanfattning av de förslag till åtgärder som anses vara lämpliga, vissa har berörts tidigare i rapporten. En del av dem är baserade på den lagstiftning som finns för den förenklade dimensioneringen och andra är baserade på de resultat som uppnåtts under simuleringar som genomförts med avseende på brand och utrymning. Några av åtgärderna har som mål att förlänga tiden till kritiska förhållanden medan vissa har som mål att försöka minska utrymningstiden eller förhöja säkerheten vid utrymning.

12.1 Allmänt

Nedan listas en sammanfattning av de åtgärder som rapporten anses ska/bör införas i byggnaden för att förbättra utrymningsskyddet. Denna lista är indelad i skall- och bör-krav. De krav som framkommit ur regelverket ska uppfyllas har delats upp mellan skall- och bör-krav genom en bedömning av kostnad-nytta perspektivet. De förändringar som är billiga och enkla att genomföra anses i rapporten skall uppfyllas, medan dyrare och mer komplicerade förändringar bör uppfyllas, detta eftersom det inte finns något lagkrav på att de skall uppfyllas anses det inte rimligt att kräva en åtgärd av dessa.

Skall-krav:

- En skylt med hur många människor som maximalt förväntas vistas i byggnaden *skall* sättas upp.
- En brandsläckare *skall* finnas på varje läktare och även på båda sidorna om branddörrarna i foajén. Placeringen av brandsläckaren i bollförrådet skall ses över eller kompletteras med en, från planen, mer lättåtkomlig brandsläckare. Detta *skall* göras för att mindre bränder snabbt ska kunna släckas av personer på plats innan de blir en större fara för de som befinner sig i lokalen.
- Trapporna ut mot borte utrymningsvägen *skall* ses över så att det inte hänger lösa lister, det finns en risk att personer kan snubbla på trappstegen.
- Placeringen av utrymningsplaner *skall* ses över, alternativt flytta på objekt som täcker dem. Framst i foajén där ett större konstverk skymmer skylten. De *skall* vara lättöverskådliga.
- Nödutrymningsskyltarna som sitter ovanpå utrymningsdörrarna i övre foajén *skall* bytas ut mot genomlysta eller belysta skyltar.
- Dörrstängare *skall* installeras, se avsnitt 12.2.
- Nya utrymningsvägar från läktare *skall* installeras på respektive sida, se avsnitt 12.5.

Bör-krav:

- Ljussignal *bör* installeras i utrymmen där hörselskadade kan befinna sig utan direktkontakt med andra människor, till exempel i omklädningsrum och toaletter. Detta *bör* göras då de ska uppmärksammas på utrymningen även då de inte kan höra signalen eller se andra människor som utrymmer.
- Två utrymningsplatser bör dimensioneras i lokalen eller så *bör* det installeras 2 olika ramper så att rullstolsburna kan ta sig ut utan assistans.
- Om det är möjligt så *bör* nödbelysning installeras på trappstegen där det finns en sannolikhet att utrymning kommer ske i mörkret. Detta görs för att undvika att folk faller i trappan.
- AV-utrustning *bör* placeras i skåp, se avsnitt 12.6.

12.2 Dörrstängare

En av åtgärderna som valdes ut att testas var att sätta dörrstängare på alla dörrar in i idrottshallen då den största faran mot de som ska utrymma är att rök kommer in i hallen innan personerna utrymt och risk finns att personerna tar skada av röken. En simulering genomfördes med automatiska dörrstängare som stängdes när rökdetektorerna utlöste. Detta gör att ingen rök hinner in i hallen innan dörrarna stängs då röken inte hinner ta sig ifrån brandrummet på nedervåningen till idrottshallen innan larmet utlöser. Efter att dörrarna stängts kommer den mängden rök som kan ta sig in genom de läckor som blir vid dörrarna inte ge kritiska förhållanden i hallen innan räddningstjänsten är på plats och alla förutsätts ha utrymt. I simuleringarna så hade denna åtgärd en bra effekt på scenario 2 och 3 där ingen person blev kvar i byggnaden efter att kritiska förhållanden inträffat. Scenario 1 innefattar en brand inne i själva hallen varpå dörrstängare inte har någon effekt på tiden till kritiska förhållanden. Dessa skall installeras även om de inte kunde garantera människors säkerhet i alla scenarier, detta för att de enkelt kan förhindra rök att ta sig in i hallen i de fall det brinner någonstans utanför själva hallen.

12.3 Talat utrymningslarm

Om ett talat meddelande installeras så kommer fler personer att hinna utrymma innan kritiska förhållanden uppstår. Ett informativt talat utrymningslarm visade sig dock inte kunna se till att alla hann utrymma innan kritiska förhållanden uppstod i något scenario, därför är ett talat utrymningslarm inte aktuellt som en rekommenderad åtgärd.

12.4 Färre personer i lokalen

Om personantalet i lokalen minskas till 800 personer så kommer utrymningen att gå snabbare, det visar sig att alla hinner ut om endast 800 befinner sig i lokalen i scenario 2 men i scenario 3 så kommer ändå 255 personer att vara kvar i byggnaden när kritiska förhållanden uppstår. I scenario 1 är 113 personer kvar i lokalen då kritiska förhållanden uppstår om endast 800 befinner sig i lokalen. För att alla ska hinna ut i alla scenarion så krävs det att inte fler än 500 personer sammanlagt befinner sig i idrottshallen enligt de simuleringar som genomförts i Pathfinder. Detta anses ge en stor påverkan på lokalens användningsområde samt påverka hallens ekonomi och övervägs inte som en åtgärd.

12.5 Nya utrymningsvägar från läktare

Installation av nya utrymningsvägar från båda läktarna, där dörrarna har en total öppningsbredd på 230 centimeter på vardera läktaren, kommer ge en radikal minskning av utrymningstiden. Exempelvis i scenario 3 minskas förflyttningstiden från 7 minuter och 40 sekunder till 2 minuter och 50 sekunder. Den utvändiga trappan måste konstrueras så att utrymningshastigheten inte begränsas. Då byggnaden ligger i suterräng så behövs det inga längre trappor eller till exempel spiraltrappor och personflödet bör inte behöva bli begränsat av trapporna heller. I alla scenarion så ger denna åtgärd effekten att alla hinner ut ur byggnaden innan kritiska förhållanden uppstår.

12.6 AV-utrustning placerad i skåp

I dagsläget förvaras AV-utrustningen fritt placerad under södra läktaren vilket innebär att ett tekniskt fel i någon del av denna utrustning kan leda till en snabb brandspridning. Detta beroende på att läktaren är byggd i trä och det finns också sågspån i golvbjälklaget. För att förhindra brandspridning från denna utrustning bör den placeras i ett brandsäkert skåp. Viktigt att påpeka här är att detta inte utesluter alla tänkbara bränder i läktare utan enbart när AV-utrustningen är brandkällan.

12.7 Diskussion av åtgärder

Alla de tilltänkta åtgärderna visade sig ge en skillnad i hur många som hinner utrymma om en brand utbryter. En väldigt liten tidsskillnad, på bara ett par minuter, som ger extra tid att utrymma eller en förkortning av utrymningstiden gör en väldigt stor skillnad i hur många som hinner utrymma innan kritiska förhållanden uppstår. Det beror mycket på att när brandgaserna väl tagit sig in i hallen så eskalerar förhållandena snabbt. Åtgärden som innebär att nya utrymningsdörrar installeras på båda läktarna ger ett fullgott skydd i alla undersökta scenarierna medan dörrstängare endast är effektivt för scenario 2 och 3. Rekommendationen är ändå att installera både dörrstängare och nya dörrar, detta för att i möjligaste mån undvika brandgaser i hallen och att minska trycket på befintliga utrymningsvägar. Även om samtliga åtgärder installeras kan inga garantier lämnas att alla kommer hinna utrymma vid alla olika typer av bränder som kan inträffa i byggnaden, men utrymningssäkerheten förbättras betydligt.

Om utrymningssäkerhet ska uppnås endast genom att minska antalet tillåtna i personer i hallen måste antalet sänkas till 500 personer vilket är mindre än hälften så många som får befinna sig i hallen idag. Detta övervägs därför inte som en lämplig åtgärd då det skulle förändra verksamheten i lokalen kraftigt.

Då AV utrustningen identifierats som den största brandfaran under läktaren så föreslås det att denna placeras i någon typ av brandsäkert skåp. Även om detta bara förhindrar en brand i just denna utrustning och således är ganska scenario specifikt så identifierades AV utrustningen som den enskilt största brandrisken under läktaren och den bör därför kapslas in för att minska risken att brand uppstår.

Det skall också påpekas att åtgärdsförslagen kan komma att se annorlunda ut om användandet av brandgasventilationen förändras. Som det är idag öppnas brandgasventilationen först när räddningstjänsten anländer till platsen. Om brandgasventilationen öppnas tidigare kommer brandgasernas nivå inte sjunka lika snabbt och mer tid kommer frigöras för utrymning innan kritiska nivåer uppstår. Dock kommer brandgaslagrets temperatur i de undersökta scenarierna inte nå upp till de nivåer som krävs för att luckorna skall öppnas via smältbleck. Lösningen blir istället att brandgasventilationen öppnar när brand detekteras av en eller helst två av varandra oberoende detektorer. Det är osäkert om brandgasventilationen som är monterad idag går att uppdatera till denna funktion. Detta är något som bör undersökas vidare om denna åtgärd skall användas och tas därför inte upp som en rekommenderad åtgärd i denna rapport.

13 Sammanfattande diskussion

I denna rapport har endast utrymnings säkerheten för de personer som befinner sig i själva sporthallen utvärderats, det vill säga att ingen hänsyn har tagits till personer som eventuellt befinner sig i övre foajén eller i träningsloken då en brand startar. Denna avgränsning gjordes tidigt i arbetet och har gällt i alla scenarier. Detta kan innebära att personer som befinner sig i själva foajén, den bortre korridoren eller på nedervåning har problem att utrymma. Denna avgränsning gjordes då det befinner sig betydligt fler personer i själva idrottshallen och det finns relativt få utrymningsvägar från denna lokal. Redan under objektbesöket så misstänktes det att det skulle bli problem att utrymma det stora antalet personer på en relativt kort tid med hjälp av få utgångar.

Rapporten tar i första hand hänsyn till att säker utrymning ska kunna ske och de åtgärder som är framtagna har föreslagits ur ett kostnad-nytta-perspektivet. Åtgärder som ansetts helt orimliga ur ett kostnadsperspektiv inte valts att undersökas.

13.1 Objektet

I rapporten gjordes det tidigt en genomgång i om byggnaden kunde antas följa reglerna för förenklad dimensionering. Detta gjordes endast för att få en uppfattning om hur bra brandskydd lokalen kan antas ha. Förenklad dimensionering har inte använts mer i rapporten sen och det stycket ska inte ses som någon rekommendation på vad som behöver förändras i byggnaden.

Även då rapporten inte tar hänsyn till förenklad dimensionering så visar det sig att om dörrar installeras på läktarna så kommer byggnaden att uppfylla kraven på längsta gångväg till utrymningsväg i hela idrottshallen.

I regelverket för förenklad dimensionering står det att avsatser som är högre än 50cm måste förses med räcken för att förhindra att folk faller och skadar sig. Detta kommenteras tidigt i rapporten men väljs inte att lämnas som ett krav för att förbättra utrymnings säkerheten på läktaren i hallen. I idrottshallen så är nämligen varje steg på läktaren 55 cm högt. Stegen är avsedda som sittplatser för åskådare under evenemang i hallen. Teoretiskt sett så kan personer falla och skada sig på dessa vid en eventuell utrymning. Då läktaren redan finns och är i bruk är det svårt att motivera en ombyggnation av läktaren alternativt sätta upp räcken som skulle inkräkta på användningsområdet då varje steg endast är 5 cm högre än den satta gränsen.

Denna byggnad är byggd innan gällande lagstiftning kom till, så det finns ingen direkt juridisk skyldighet för fastighetsägaren att uppfylla dessa krav. Vid en eventuell tillsyn utifrån LSO görs dock en bedömning vilket kan medföra krav på förändring. Sådana krav på förändring baseras på en sammanvägning av nyare och äldre bygglagstiftning samt på verksamheten (Statens räddningsverk, 2004). Eventuell om- eller tillbyggnad kräver att nuvarande lagstiftning följs i de berörda delarna.

Vid objektbesöket uppmärksammades att det fanns en nödutgång från själva idrottshallen som var markerad med en genomlyst nödutgångsskylt. Denna nödutgång var dock inte möjlig att gå ut igenom eftersom det stod ett handbollsmål framför samt att dörren var låst. Enligt uppgift så flyttades handbollsmålet bort vid större evenemang om utgången skulle användas. Det upplevdes dock som något förvirrande att det satt en genomlyst nödutgångsskylt över en dörr som var placerad bakom ett handbollsmål samt var låst. Då handbollsmålet måste vara där så är det kanske bättre att släcka skylten när det inte är meningen att utrymning ska ske genom denna dörr.

De brandscenarier som undersöks i rapporten är beskrivna detaljerat. Det ska understrykas att brand även kan uppstå på annat vis än det beskrivet i respektive scenario. Att en brand startar i AV-utrustningen i scenario 1, att något brinnande kastas in i scenario 2 och att en brand är anlagd i scenario 3 är alternativ till hur branden startar och en eventuell åtgärd som förhindrar något av dessa alternativ är inte tillräckligt då brand förväntas kunna uppstå på andra vis.

I rapporten baseras scenario 1 på en brand i AV-utrustningen under södra läktaren. Konsekvenserna av en brand på den södra läktaren kan inte fullständigt översättas till en brand på den norra läktaren då vi talar om människors säkerhet vid utrymning. Detta eftersom avståndet till närmsta nödutgång är betydligt längre för personerna som befinner sig på den södra läktaren. Personerna från de båda

läktarna kommer att mötas vid samma nödutgång (i foajén). Avståndet till nödutgången från den norra läktaren är kortare jämfört från den södra läktaren vilket innebär att personflödet kommer minska från den norra läktaren. Detta beroende på att de som kommer från den södra läktaren har fått upp en hög fart och det blir svårt från de som utrymmer från norra att ta sig in i personflödet. Detta medför att utrymningen kommer ta längre tid för de som sitter på den norra läktaren i de fall där nödutgången i foajén ska användas. Dock anses variationen i slutresultatet inte skilja sig nämnvärt mellan norra och södra läktare.

13.2 Känslighetsanalys

Känslighetsanalysen genomfördes med en så kallad one way känslighetsanalys då det ansågs svårt att uppskatta fördelningar över alla ingående parametrar vilket hade behövts för att genomföra en mer omfattande känslighetsanalys.

En känslighetsanalys genomfördes i rapporten för att undersöka hur de antaganden som gjorts påverkat resultatet från simuleringarna. De parametrar som varierades var antal personer, soot yield och förberedelsetiden. Både förberedelsetiden och antalet personer i lokalen påverkade resultatet precis som förväntat, ju kortare tid till utrymning ju färre är kvar i lokalen vid kritiska förhållanden. Resultatet från variationen av soot yield var däremot något förvånande. Det resultat som var förväntat var att en högre soot yield snabbare skulle ge kritiska förhållanden i hallen då mer sot produceras vilket ger en tjockare brandgas. Det visade sig dock vid känslighetsanalysen att soot yield inte påverkar resultatet så entydigt. I ett scenario gav en högre soot yield ingen skillnad i tid till kritiska förhållanden medan i ett scenario gav det kostare tid och i ett scenario längre tid. Det var inte vad som förväntats och indikerar att soot yield är viktig att undersöka och försöka finna en som överensstämmer så väl med verkligheten som möjligt. Då det är svårt att veta vad som brinner och hur det sotar kanske det är lämpligt att basera sin soot yield på BBRAD rekommenderade värde för att ha något att basera sitt antagande på.

De värden avseende utrymningstid, tid till kritiska nivåer, tillväxt av brand och effektutveckling som presenteras i rapporten kan tyckas vara väldigt exakta. Dock är detta inte hur verkligheten ser ut utan samtliga värden kommer fluktuera i händelse av brand. Dock anses alla presenterade värde vara väl underbyggda och relevanta.

När kapitlet om ventilation skrevs var det svårt att hitta oberoende källor kring hur ett ventilationssystem var uppbyggt varför en kommersiell källa som är ägd av ett företag som säljer ventilationssystem användes. Detta är ingen bra källa men kapitlet om ventilation har ingen betydelse för resultatet av simuleringarna och detta ansågs därför vara en godtagbar kompromiss.

För att genomföra denna rapport har det funnits en begränsad tid och en begränsning i hur många simuleringar det är möjligt att genomföra. När känslighetsanalysen skulle genomföras fick vissa parametrar som antogs vara mer betydande väljas ut att variera i simuleringarna. Om det hade varit möjligt att simulera mer hade också fler parametrar kunnat varieras och känslighetsanalysen bör i så fall ha gett mer information. Exempel på en parameter som hade kunnat undersökas är storleken på branden.

Vid besöket på objektet så framgick det att brandgasventilationen som finns installerad öppnades manuellt och att detta genomfördes av räddningstjänsten när de anlände på platsen. Då denna rapport ser till tiden fram till dess att räddningstjänstens insats kan påbörjas så avfärdades brandgasluckorna i de scenarion som simulerades innan eventuella åtgärder implementerats. Om luckorna hade öppnats så hade troligtvis tiden till kritiska förhållanden förlängts i alla scenarier. Då det endast är små tidsmarginaler som gör stor skillnad om resultatet blir positivt eller negativt är det möjligt att en sådan förändring ihop med till exempel dörrstängare skulle göra att dörrar från läktarna skulle bli överflödiga. Dock kommer brandgaslagrets temperatur i de olika scenarierna inte bli tillräcklig för att de skall öppnas via smältbleck innan brandgaslagrets nivå är kritisk utan istället måste de öppnas automatiskt direkt vid detektering av brand. Det är troligtvis så att alla brandgasluckor måste bytas ut och även larmsystemet i lokalen måste uppdateras för att denna funktion skall uppnås.

Detta ansågs vara en orimligt stor åtgärd i denna byggnad och togs därmed bort från tilltänkta åtgärder. Dock borde simuleringar ändå gjorts för att konstatera effekten av brandgasventilationen men då tiden för denna rapport var begränsad har detta inte blivit utfört. En rekommendation från denna rapport är därför att undersöka hur en förändring av öppningen av rökluckorna skulle påverka utrymning. Viktigt att påpeka är att de föreslagna åtgärderna ger ett fullgott skydd i de undersökta scenarierna och en förändring av brandgasventilationen endast kan ge ett alternativ till åtgärderna som innefattar kombinationen av nya utrymningsvägar från läktare och en mindre förändring av personantalet.

13.3 Simuleringar

I simuleringarna har lokalen byggts upp i Pyrosim och geometrin har förenklats till att vara rakare än den är i verkligheten. Till exempel har inte takets form representerats utav en båge i simuleringarna utan förenklats till en kubisk form. Likaså har det sluttande tak ovanför läktarna ansatts till att vara horisontellt. Volymen har dock behållits så gott det har gått. Att ändra geometrin på byggnaden kan påverka sättet brandgaserna kommer att röra sig i byggnaden vid en eventuell brand. Då volymen är densamma som i verkligheten antas denna förenkling vara godtagbar och tiderna till lokalen blir fylld av brandgaser korrekta.

Vid valideringen av de simuleringar som utförts i FDS uppmärksammades att ett antal oavsiktliga misstag gjorts. \dot{Q}^* beräknades och det visade sig att värdet ligger utanför det rekommenderade intervallet 0,3-2,5. I samtliga simuleringar är värdet mindre än 0,3 vilket innebär att bränderna liknas mer vid glödbränder än riktiga bränder. Detta är förvisso inte helt fel för scenario 2 då branden i förrådet kanske skulle kunna liknas vid en glödbrand. Det stämmer dock inte för scenario 1 eller 3 då dessa är regelrätta bränder men simuleras liknande glödbränder. Anledningen till att detta inträffade är att vid tidpunkten för simuleringarna antogs en för låg heat release rate per unit area (HRRPUA). Detta uppmärksammades i slutskedet av arbetet när vi hittade skrivelsen av BIV om kvalitetssäkring för CFD-simuleringar (Föreningen för brandingenjörsvetenskap, BIV, 2013). För lågt värde på \dot{Q}^* innebär att bränsleflödet från branden påverkas mer av omgivande luftströmmar och har en lägre egen drivkraft. Medvetna om att detta värde var för lågt så togs beslutet att ändå använda simuleringarna som underlag i rapporten. Bakomliggande anledning till detta var att eftersom de enda luftströmmar som bildas uppstår av branden och då ansågs det vara acceptabelt att detta misstag skett.

När storleken på cellerna kring branden undersöktes gjordes detta enligt det tillvägagångssätt som är redovisat i Bilaga 2 - FDS 2. Beräkningen visade att kvoten mellan D^* och d_x hamnade i storleksordningen från 6 till och med 25. De rekommenderade värdena är cirka 10-20 och minst 15 i närheten av branden. Eftersom storleken på cellerna påverkar simuleringstiden är det viktigt att denna parameter ej blir för hög då detta skulle leda till onödigt långa simuleringstider. Det är också viktigt att värdet inte heller blir för lågt då för stora celler leder till att kvaliteten på simuleringen blir dålig. En balans är alltså att föredra för att upprätthålla en god kvalitet samt hålla ned simuleringstiden. Det lägsta värdet som erhöles i våra utförda simuleringar var cirka 6 för simulering 2. Anledningen till det låga värdet är att den låga effektutvecklingen leder till små rörelser i luftströmmarna. Dessa rörelser blir mindre än cellerna och måste därför simuleras i sub-grid modeller, något som ska undvikas i den mån det är möjligt. Största värdet beräknades till 26 och är alltså aningen för stort, enligt rekommenderade värden. Orsaken till att värdena skiljer sig är att effektutvecklingarna skiljer sig relativt mycket mellan simuleringarna. Det gjordes också ett antagande innan simuleringarna påbörjades att celler med sidlängden 0,1 meter skulle vara små nog för att simulera bränderna bra nog i alla simuleringar. Detta visade sig som sagt vara felaktigt och borde undersökts innan simuleringarna startade för att verifiera cellstorleken.

Anledningen till att dessa misstag uppmärksammades först efter att simuleringarna var klara är att BIVs skrivelse hittades först i slutet på rapportskrivningen. Denna borde givetvis ha använts redan vid uppbyggnaden av indatafilen till simuleringarna för att börja kvalitetssäkringen redan från start.

Ett annat misstag som gjordes i simuleringarna var att en del av väggarna blev definierade som inerta. Konsekvensen av detta beskrivs i Bilaga 2. Den troliga anledningen till att detta inträffade var att indatafilerna till simuleringarna gjordes i programmet Pyrosim, i vilket man enbart ser väggarna.

Det som inträffade var då att det var dålig insyn i textfilen till simuleringarna utan vi såg endast till det visuella som syntes i Pyrosim, och detta såg bra ut. Detta tyder på vikten av granskning av indatafilen, något som definitivt hade kunnat utföras bättre.

Avläsning av brandgaslagrets höjd från simuleringarna i FDS sker i två punkter längs centrumlinjen i lokalen. Antagandet görs att brandgasen inte ansamlas under läktartaket utan brandgasen förväntas röra sig till kupolen och fylla hallen uppifrån och ned i ett relativt jämt lager varav mätpunkterna valts att placeras som de gör. Antagandet görs eftersom att läktartaket är lutat och brandgasen förväntas stiga på grund av densitetsskillnaden i förhållande till luften i lokalen. När brandgaslagret nått ner till läktartakets kant så antas det bli kritiska förhållanden vart man än befinner sig på de båda läktarna.

När utrymningstiden skulle beräknas så användes simuleringsprogrammet Pathfinder istället för handberäkningar enligt boverkets rekommendationer. Pathfinder resultaten validerades inte med handberäkningar, däremot användes en rapport som hade haft som mål att jämföra Pathfinder simuleringar med handberäkningar av utrymning samt verkliga försök. Denna rapport kom fram till att Pathfinder var det lämpligaste verktyget att använda när det var risk för köbildning i byggnaden. Vi ansåg oss inte ha resurser till att kunna göra en bättre validering av Pathfinder varpå det ansågs skäligt att följa den oberoende rapporten som sade att Pathfinder gav ett mer överensstämmande resultat med verkligheten än handberäkningar skulle ha gjort.

Vid utrymningssimuleringarna så har Pathfinders förinställda inställningar anammats på personerna. Detta innebär att de fördelar sig mer eller mindre jämt på de tillgängliga nödutgångarna. I verkligheten behöver det inte se ut så och människor tenderar att helst utrymma genom samma dörr som de kom in igenom. Denna lokal är lätt överblickbar och de utrymningsvägar som finns är välmarkerade och lätta att se från alla platser i hallen. Antagandet att de som utrymmer kommer gå till den närmsta nödutgången antogs därför stämma ganska bra med verkligheten.

13.4 Slutsats

Trots ovan angivna felkällor är det vår åsikt att rapportens resultat är rimliga och de föreslagna åtgärderna önskvärda och i vissa fall nödvändiga. Rapportens resultat kan uppfattas som att flera hundra personer svävar i livsfara varje vecka då de inte skulle hinna ut innan kritiska förhållanden uppstår med dagens brandskydd. Detta är inte nödvändigtvis fallet då det inte per automatik innebär att man omkommer om man utsätts för kritiska förhållanden. Vår tolkning av kritiska förhållanden är att om de uppstår kan man inte säga att utrymningen kommer att vara helt säker, det är inte samma sak som att den inte kan genomföras. Som objektet ser ut vid rapportens författande är brandskyddet något lägre än önskvärt men det skall samtidigt nämnas att med förutsättningarna gällande gammal byggnad och utrustning gör användarna så gott det går för att sporthallen skall vara säker. Om man installerar dörrstängare och tar upp nya utrymningsvägar från respektive läktare kan byggnaden anses vara säker i de brandscenarier som ligger till grund för rapporten. Viktigt att påpeka är att begränsningen gällande maximalt antal personer i lokalen fortfarande gäller, om man tar in fler än 1200 åskådare så gäller inte de resultat som presenteras i denna rapport.

Ur ett kostnadsperspektiv så är dörrstängare en i sammanhanget mindre investering medan nya dörrar från läktare kommer innebära en större investering. Dock anser vi att fördelarna är så stora att det motiverar kostnaderna. Nya dörrar i läktaren kommer göra att avstånden till utrymning minskar till nivåer som enligt dagens regelverk är korrekta. De kommer även göra att flaskhalsarna som bildas vid de befintliga utgångarna elimineras.

14 Litteraturförteckning

Aronsson, H. (den 19 2 2015).

Audouin, L., Kolb, G., Torero, J. L., & Most, J. M. (1995). Average Centerline Temperatures of a Buoyant Pool Fire Obtained by Image Processing of Video Recordings. *Fire Safety Journal* 24, 167-187.

Boverket. (den 18 06 2013). BFS 2013:12 - BBRAD 3. Hämtat från <https://rinfor.boverket.se/BBRAD/PDF/BFS2013-12-BBRAD3.pdf>

Boverket. (2014). *Boverkets författningssamling 2014:3, BBR 21.*

Brandskyddshandboken. (2014). Lund: Brandteknik Lunds tekniska högskola.

Drysdale, D. (2011). *An Introduction to Fire Dynamics.* West Sussex: John Wiley & Sons, Ltd.

Floyd, J., & al, e. (2014). *FDS User's guide.* National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg.

Föreningen för brandingenjörsvetenskap, BIV. (2013). *CFD-beräkningar med FDS.*

Föreningen för brandingenjörsvetenskap, BIV. (u.d.). *Stöd för tillämpning-CFD-remissutgåva.*

Gustavsson, K. (den 19 2 2015).

Hietaniemi, J., & Mikkola, E. (2010). *Design Fires for Fire Safety Engineering.* VTT.

Jensen, L. (2002). Brandgasspridning via ventilationssystem.

Karlsson, B., & Quintiere, J. G. (1999). *Enclosure Fire Dynamics.* Boca Raton: CRC Press.

MSB. (u.d.). IDA - Databas. Hämtat från <https://www.msb.se/sv/Utbildning--ovning/Utbildning/Har-utbildar-vi/Sando/Bibliotek/Databaser/> den 20 03 2015

Olsson, D. (2013). *Validering av utrymningsprogrammet Pathfinder.* Luleå Tekniska Universitet, Luleå.

Pathfinder Features. (2013). Hämtat från <http://www.thunderheadeng.com/pathfinder/pathfinder-features/> den 31 03 2015

Pyrosim Features. (2013). Hämtat från <http://www.thunderheadeng.com/pyrosim/pyrosim-features/> den 31 03 2015

Robbins, A., & Wade, C. (2008). *Soot Yield Values for Modelling Purposes - Residential Occupancies.* Hämtat från http://www.branz.co.nz/cms_show_download.php?id=6502dc9e0bcd36a863218fc6039fef7e1a2b13f8 den 01 04 2015

Statens räddningsverk. (2004). *Statens räddningsverks allmänna råd och kommentarer om skriftlig redogörelse för brandskyddet.*

Särdqvist, S. (1993). *Initial Fires.* Lund. Hämtat från <http://www.brand.lth.se/fileadmin/brandteknik/rapporter/3070.pdf> den 08 04 2015

ventilation.se. (den 23 02 2015).

15 Bilaga 1 – Handberäkningar

Följande ekvationer har använts vid beräkningarna av effektutvecklingen och strålningen från flammen vid de olika brandscenarierna.

15.1 Tillväxt

Ett sätt att beskriva brandens tillväxt är att använda en så kallad αt^2 -kurva där α -värdet är beroende av typen av bränsle. Effektutvecklingen kan då beräknas med hjälp av Ekvation 1 (Karlsson & Quintiere, 1999).

$$\dot{Q} = \alpha \cdot t^2 \quad \text{Ekvation 1}$$

15.2 Maximal effektutveckling

Då en brands effektutveckling är beroende av tillgången till syre och kan begränsas av mängden inflödande luft via utrymmets öppningar används Ekvation 2 och 3 till att beräkna maximal effektutveckling för varje specifikt utrymme. Branden antas kunna underhållas ned till 15 massprocent syre för att därefter avta. (Karlsson & Quintiere, 1999)

$$\dot{m}_{luft,in} = 0,5 \cdot A_o \cdot \sqrt{H_o} \quad \text{Ekvation 2}$$

$$\dot{Q}_{max} = \Delta H_{C,Luft} \cdot \dot{m}_{luft,in} \cdot (0,23 - 0,15) \quad \text{Ekvation 3}$$

15.3 Strålningsberäkningar

För att utföra strålningsberäkningar från en flamma krävs information om flammans bas. Utifrån detta kan en flamhöjd beräknas med Heskestads ekvation för flamhöjdsberäkning, se Ekvation 4. (Karlsson & Quintiere, 1999). Det skall påpekas att denna ekvation är framtagen för pölbränder men anses vara en rimlig approximation vid dessa förutsättningar.

$$L = 0,235\dot{Q}^{2/5} - 1,02D \quad \text{Ekvation 4}$$

Nästa steg i processen är att beräkna en synfaktor med den beräkningsgång som anges i An Introduction to Fire Dynamics (Drysdale, 2011).

Slutligen kan strålningsnivån från flammen beräknas med Ekvation 5. (Drysdale, 2011)

$$\dot{q}'' = \varepsilon \cdot \sigma \cdot \phi \cdot T^4 \quad \text{Ekvation 5}$$

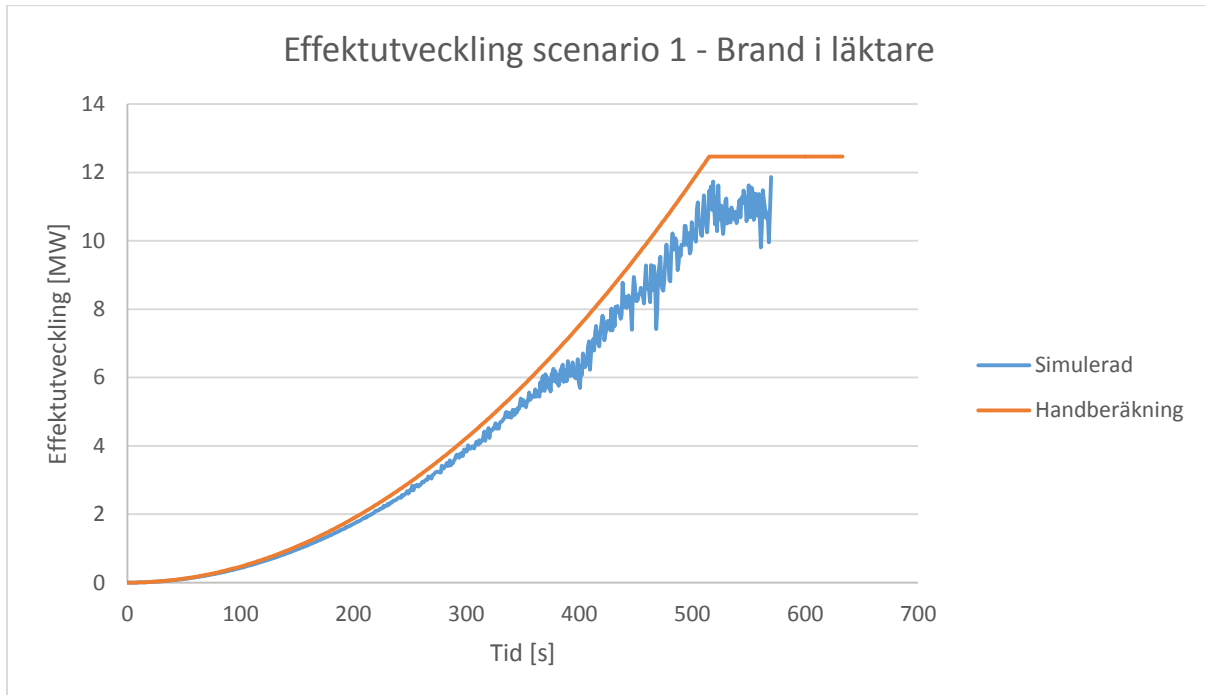
15.4 Scenario 1

Nedan visas beräkningsunderlag och resultat för scenario 1. I Tabell 22 nedan redovisas de ingående parametrar som använts i beräkningarna för scenario 1.

Tabell 22. Variabler och dess värden för beräkning av effektkurvan i Scenario 1.

α [kW/(m ² *s)]	0,047 (Fast)
A_o [m ²]	9,7
H_o [m]	6
$\dot{m}_{luft,in}$ [kg/s]	11,9
$\Delta H_{C,Luft}$ [MJ/kg]	13,1
Q_{max} [MW]	12,5
Tid till Q_{max} [s]	514

Alfa värdet ansåts till Fast (Boverket, 2013). Mängden bränsle är tillräcklig för att branden skall bli ventilationskontrollerad, vilket beräknas inträffa vid cirka 500 sekunder. Figur 17 nedan visar effektutvecklingen som handberäknats ihop med den som använts i simuleringen för scenario 1. Att kurvorna inte sammanfaller helt beror på att HRRPUA i CFD modelleringen blev något för låg. Detta antas inte påverka slutresultatet nämnvärt.



Figur 20. Effektutveckling simulerad och handberäknad, scenario 1.

15.4.1 Handberäkning, strålning

Nedan presenteras ingående parametrar för beräkningen av strålning från flamman mot de utrymmade i Scenario 1. Strålningsberäkningar görs inte i scenario 2 och 3 på grund av att branden inte är på samma plats som där folk befinner sig. I Tabell 23 nedan redovisas ingående parametrar för beräkning av strålning från flamman.

Tabell 23. Ingående parametrar för beräkning av strålning från brand.

\dot{q}_{brand} [kW]	500	Brandens effekt vid $t = 110$ s
HRRPUA [kW/m ²]	250	Figure 32 (Hietaniemi & Mikkola, 2010)
A [m ²]	2	
D [m]	$\sqrt{2} = 1,41$	
\emptyset [-]	0,016	
ϵ [-]	1	
σ [W/m ² ·K ⁴]	$5,67 \cdot 10^{-8}$	
T [K]	1000	

För beräkning av strålning krävs mått på flammans bas och flamhöjd måste beräknas. Flammans bas beräknas med hjälp av ett värde på effektutveckling per kvadratmeter givet i (Hietaniemi & Mikkola, 2010). Flamman antas därefter ha en kvadratisk basarea. Värdet på epsilon ansätts lika med ett för att erhålla ett konservativt värde på strålningen. Temperaturen ansätts till 1000 K då det är ett rimligt värde på en flamtemperatur. (Audouin, Kolb, Torero, & Most, 1995)

I nästa steg beräknas flamhöjden L med hjälp av Ekvation 4.

$$L = 0,23 \cdot 500^{2/5} - 1,02 \cdot 1,41 = 1,32 \text{ m}$$

Med detta värde beräknas tas en synfaktor fram med ett avstånd på 6 meter från flamman. Anledningen till detta är att personerna efter 110 sekunder befinner sig på ett avstånd på 6 meter från flammans placering enligt simuleringar i Pathfinder. Att 110 sekunder väljs beror på att det är ungefär då som kritiska förhållandet för brandgaslagrets höjd uppnås och vid denna tidpunkt befinner sig folkmassan 6 meter från branden.

Med synfaktorn framtagen beräknas den infallande strålningen med Ekvation 5.

$$\dot{q}'' = 1 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 0,0161000^4 \approx 900 \text{ W} = 0,9 \text{ kW/m}^2$$

15.5 Scenario 2

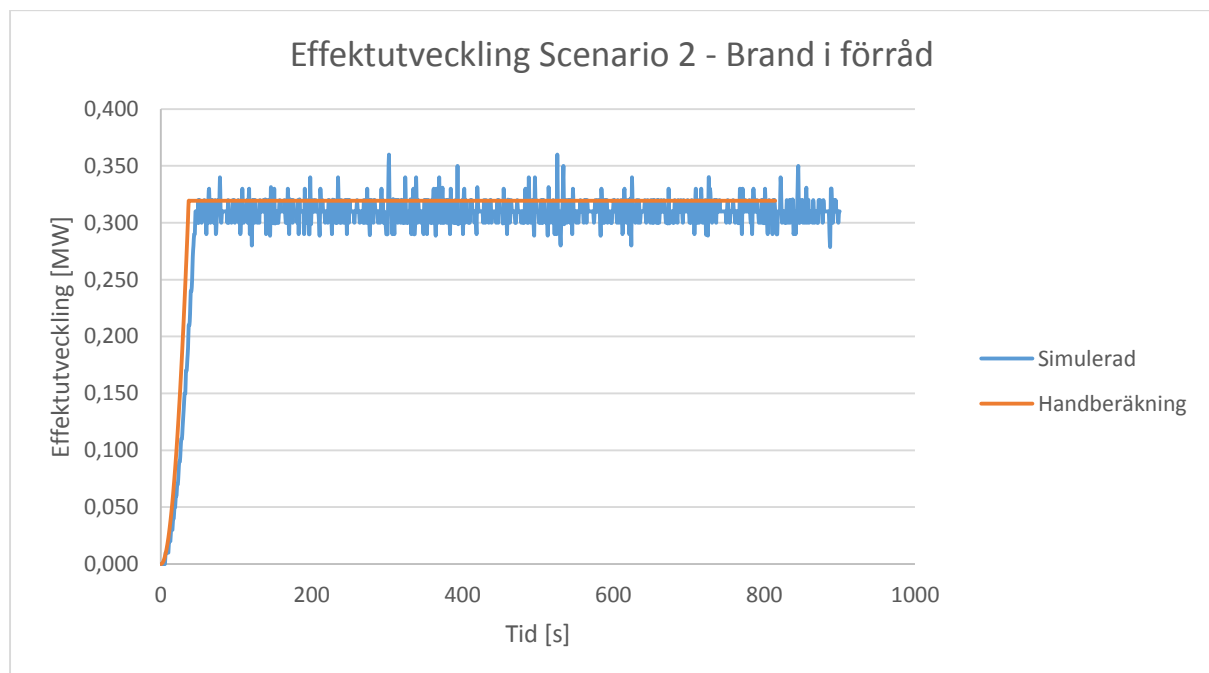
Nedan visas beräkningsunderlag och resultat för scenario 2. I Tabell 24 nedan redovisas de ingående parametrar som använts för beräkning av effektkurvan i scenario 2.

Tabell 24. Variabler och dess värden för beräkning av effektkurvan i Scenario 2.

α [kW/(m ² *s)]	0,19 (Ultra fast)
A_o [m ²]	1,1
H_o [m]	0,3
$\dot{m}_{luft,in}$ [kg/s]	0,3
$\Delta H_{C,Luft}$ [MJ/kg]	13,1
Q_{max} [MW]	0,315
Tid till Q_{max} [s]	40

Alfavärdet ansåts till Ultra fast baserat på siffror ifrån Initial Fires (Särdqvist, 1993) där försök har gjorts med brinnande stolar. De flesta stolarna i rapporten består av metall och trä med lite Polyuretan skum och dessa har en tillväxthastighet som är snabb. Därför antas detta gälla även för borden som finns i förrådet även om skummet saknas på borden.

Då branden blir ventilationskontrollerad kommer inte fullständig förbränning av materialet att kunna ske obehindrat, detta beräknas inträffa vid cirka 40 sekunder. I Figur 19 nedan visas den simulerade effektutvecklingen ihop med den handberäknade.



Figur 19. Effektutveckling simulerad och handberäknad, scenario 2.

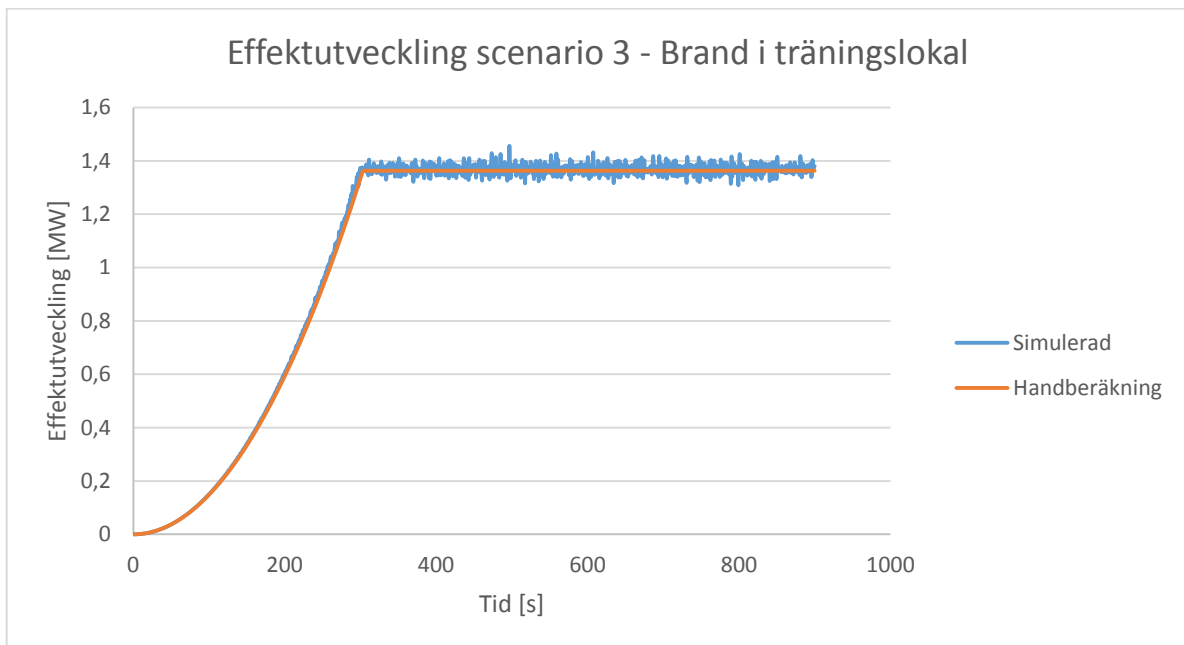
15.6 Scenario 3

Nedan visas beräkningsunderlag och resultat för scenario 3. I Tabell 25 nedan redovisas de ingående parametrar som använts för att beräkna effektkurvan i scenario 3.

Tabell 25. Variabler och dess värden för beräkning av effektkurvan i Scenario 3.

α [kW/(m ² *s)]	0,012 (Medium)
A_o [m ²]	1,76
H_o [m]	2,2
$\dot{m}_{luft,in}$ [kg/s]	1,3
$\Delta H_{C,Luft}$ [MJ/kg]	13,1
Q_{max} [MW]	1,37
Tid till Q_{max} [s]	170

Alfa värdet ansätts till Medium. Det ansågs representativt att ta alfavärdet för träpallar då det finns träpanel på väggen i rummet (Karlsson & Quintiere, 1999). Bränslemängden är tillräcklig för att branden skall bli ventilationskontrollerad, vilket beräknas inträffa vid cirka 170 sekunder. I Figur 21 visas både den simulerade och den handberäknade effektutvecklingen för scenario 3.



Figur 21. Effektutveckling simulerad och handberäknad, scenario 3.

16 Bilaga 2 - FDS

Under arbetets gång har Fire Dynamics Simulator 6.1.2 (FDS) använts för att simulera rökspridning i de simulerade brandscenarierna. Att använda FDS innebär att en mängd antaganden och förenklingar görs med tanke på simuleringsprogrammets begränsningar. Denna bilaga syftar till att beskriva dessa.

16.1 Generella förenklingar/begränsningar

Geometrier i FDS är begränsade till kubiska former eftersom det rutnät som beskrivs i indatafilen består av kubiska celler i X-, Y- och Z-led. Det blir därför svårt att utforma ytor som lutar eller är rundade och dessa ytor får antingen beskrivas som plana ytor eller som en trappstegslutning.

En annan begränsning är storleken på cellerna. Mindre celler innebär ett mer representativt resultat men ökar simuleringstiden markant. Därför måste en avvägning göras gällande storleken på cellerna. Områden som kräver en högre nivå av noggrannhet har en mindre cellstorlek än områden som inte behöver vara lite noggrant simulerade. Simuleringarna som utförts till denna rapport har som minst cellstorlek på $0,1^3 \text{ m}^3$ och detta närmst branden. I områden längre från branden har cellstorleken varit $0,2^3 \text{ m}^3$ och områdena längst från branden har simulerats med en cellstorlek på $0,4^3 \text{ m}^3$. Cellernas storlek påverkar hur mycket av flödets turbulens som kan simuleras direkt utan att behöva använda sig av en så kallad "Sub-grid" modell. I FDS User's Guide anges att den andel turbulens som löses med hjälp av sub-grid modellen bör understiga 20 % för att säkerställa giltigheten i simuleringen. Detta har undersökts genom att placera ut slice-files för att undersöka "Turbulence resolution" som anger andelen turbulens löst i sub-grid modellen. I alla utförda simuleringar understeg turbulence resolution 20 % genom i princip hela den modellerade geometrin. (Floyd & al, 2014)

I ett dokument utgivet av BIV anges ett sätt att undersöka huruvida meshernas upplösning är fin nog för den brand som ska simuleras (Föreningen för brandingenjörsvetenskap, BIV, 2013).

Tillvägagångssättet består av att beräkna en karakteristisk diameter D^* för respektive brand definierad enligt Ekvation 1 nedan:

$$D^* = \left(\frac{\dot{Q}}{\rho_{\infty} c_p T_{\infty} \sqrt{g}} \right)^{2/5} \quad \text{Ekvation 1}$$

Värdet på D^* divideras sedan med cellstorleken dx och värdet av denna kvot bör vara i storleksordningen 10-20. (Föreningen för brandingenjörsvetenskap, BIV, 2013) I Tabell 26 redovisas indataparametrarna för D^* och i Tabell 27 presenteras beräkningsresultaten för D^* .

Tabell 26. värden på indataparametrar för beräkning av D^* .

Parameter	Värde
ρ_{∞} [kg/m ³]	1,2
c_p [J/kg·K]	1000
T_{∞} [K]	293
g [m/s ²]	9,81

Värdet på D^* har beräknats för varje simulering och resultatet blev enligt följande:

Tabell 27. Beräknat värde för D^* för vardera scenariot.

	D^*
Scenario 1	2,64
Scenario 2	0,606
Scenario 3	1,09

För varje utförd simulering är cellstorleken $dx = 0,10$ meter. Resultaten redovisas i Tabell 28.

Tabell 28. Beräknat värde för kvoten av D^* och dx .

	D^*/dx
Scenario 1	26,4
Scenario 2	6,06
Scenario 3	10,9

Brandkällans storlek måste vara rätt i förhållande till brandens effektutveckling. En för hög effektutveckling på en liten yta kan leda till att branden blir en jetflamma och en för liten effektutveckling på för stor yta skulle kunna leda till att branden blir som en glödbrand. Ett sätt att kontrollera detta är att beräkna den dimensionslösa effektutvecklingen \dot{Q}^* med Ekvation 2.

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

Parametern D är i detta fall en ekvivalent bränslediameter som beräknas genom att ta hela den definierade brandarean i FDS och approximera den till en cirkelarea och beräkna en diameter utifrån detta. Den dimensionslösa effektutvecklingen bör ha ett värde mellan 0,3 och 2,5. (Föreningen för brandingenjörsvetenskap, BIV)

Tabell 29 visar vilka värden på parametern D som använts i beräkningarna. Övriga indataparametrar är desamma som i Tabell 26. Resultaten redovisas sedan i Tabell 30.

Tabell 29. Värden på D för beräkning av Q^*

	D [m]
Scenario 1	5,64
Scenario 2	1,13
Scenario 3	2,39

Tabell 30. Beräknat värde av Q^* för varje scenario.

	\dot{Q}^*
Scenario 1	0,144
Scenario 2	0,214
Scenario 3	0,03

16.2 Indata

Här listas de indatavärden på olika parametrar som definierats.

16.2.1 Reaction

Eftersom bränslet som brinner alltid består av trä ansätts reaktionen vara cellulosa med den kemiska formeln $C_6H_{10}O_5$. Värden för reaktionen redovisas i Tabell 31 nedan. Anledningen till att det finns två värden på Soot yield är att det lägre värdet använts vid känslighetsanalys.

Tabell 31. Indatavärden, reaction.

Parameter	Värde	Källa
CO-yield	0,89 g/g	Tabell 9.3 (Karlsson & Quintiere, 1999)
CO ₂ -yield	Default	-
ΔH_c	19,5 MJ/Kg	Tabell 5.15 (Drysdale, 2011)
Soot-yield	0,1 g/g	Tabell 6 (Boverket, 2013)
Soot-yield	0,015 g/g	Tabell 4 (Robbins & Wade, 2008)

16.2.2 Materialegenskaper

Vid ansättandet av materialegenskaper för väggarna har alla ytterväggar samt väggarna i suterrängvåningen ansatts som betongväggar med tjockleken 0,3 meter.

Vid simuleringarna för scenario 2 och 3 ansattes inerta väggar och tak av misstag. En inert yta har en konstant temperatur på 20° Celsius och värms alltså inte upp av branden eller brandgasen. Detta innebär att brandgaserna kyls snabbare än de gör egentligen om väggarna bestod av riktiga material. Dock fördes resonemanget att eftersom brandgaserna ändå färdas en lång sträcka kommer de vara nerkylda till den grad att kritiskt förhållande ej skulle uppnås med hänsyn till brandgaslagrets temperatur. Eftersom brandgaserna är kalla skulle det innebära att de ej stiger i idrottshallen lika mycket som de hade gjort om de vore varma. Därför fördes resonemanget att det blir en mer konservativ skattning med avseende på brandgaslagrets höjd.

Innerväggarna uppskattades bestå mestadels av trä och i FDS ansattes dessa därför till ”Yellow Pine” med en tjocklek på 0,2 meter. Dessutom beskrevs läktarna också bestå av Yellow Pine men med måttet 0,1 meter i tjocklek.

Branddetektorer placerades ut på samma platser som de fanns att hitta i verkligheten för att få en ungefärlig tid till detektion av brand. De enda detektorer som inte placerades ut var de under läktaren, då dessa ej hade använts vid simuleringarna.

16.2.3 Definition av branden

Branden har i simuleringarna definierats med olika heat release rates per unit area (HRRPUA) för var simulering. Därefter placerades ett brandområde med en area stor nog för att den totala effektutvecklingen ska motsvara den beräknade effektutvecklingen. Tabell 32 visar värdena för de olika scenarierna.

Tabell 32. Heat release rate per unit area för de olika scenarierna.

Scenario	HRRPUA [kW/m ²]
Scenario 1	500
Scenario 2	310
Scenario 3	304

16.3 Utdata

För att få ut nödvändiga data för att kunna använda resultaten definierades en mängd mätare som registrerade och sparade förbestämda parametrar i olika delar av geometrin. I detta avsnitt beskrivs alla utdataparametrar som använts i simuleringarna.

16.3.1 Devices

En device är en punkt som placeras ut i en i förväg angiven cell i geometrin och registrerar värden så som temperatur, siktbarhet och andra storheter. De devices som placerades ut i för de simuleringar som genomförts var rökdetektorer, temperaturmätare, strålningsmätare samt siktmätare. Resultaten från dessa registreras i en excelfil som använts för att undersöka tid till kritiska förhållanden.

16.3.2 Slice- och Boundaryfiles

En slicefile är en tvärsnittsbild som åskådliggör värdena för en förbestämd parameter. En boundaryfile åskådliggör i stället värdena vid geometrins gränser, till exempel vid väggar, golv och tak. De slicefiles som är inlagda återger volymfraktion kolmonoxid, koldioxid, luft samt syre. Även slicefiles för turbulence resolution, temperatur och siktbarhet är definierade i alla simuleringar.

I simuleringen för brand i läktare placerades även en boundaryfile som mätte infallande strålning.

17 Bilaga 3 - Pathfinder simuleringar

Simuleringar i Pathfinder har genomförts för att simulera utrymningstiden i de olika scenariona. Nedan beskrivs antaganden och resultat från dessa simuleringar.

17.1 Uppställning

Vid simuleringarna så antogs det att människor var placerade i lokalen som de är vid basketmatcher enligt uppgifter från objektbesöket. Detta innebär att 525 personer är placerade på varje läktare samt att 150 är placerade på plan. Utöver detta finns det 12 spelare utplacerade på planen. Personerna på läktarna är en blandning mellan vuxna, barn och äldre. Barnen och de äldre rör sig långsammare än de vuxna. På planen placerades ett antal personer som gavs egenskaper gällande rörelsehastighet och upptagen yta som anses representera att de var rullstolsburna.

Lokalen som används i simuleringarna är densamma som ritats upp i Pyrosim, denna har en förenklad takgeometri, men takgeometrin tros inte påverka utrymningssimuleringarna. När filen importeras in i Pathfinder så definieras trappor och dörrar så de stämmer överens med hur objektet ser ut. För att bygga upp läktaren i Pathfinder så antogs den vara en väldigt bred trappa. Detta möjliggör för personerna att gå uppåt längs hela läktarens längd. Detta är en förenkling mot verkligheten då stegen på läktaren var betydligt högre än trappsteg vilket gör att det troligtvis är något svårare att utrymma läktaren än en vanlig trappa. Då det tidigt blir betydande köer tidigt i samtliga scenarion så anses inte förenkling av läktaren till en trappa snabba på utrymningen så mycket att det får en betydande skillnad för resultatet.

Simuleringarna för utrymning genomfördes först och främst i tre olika scenarion;

- Alla dörrar är tillgängliga för de som utrymmer.
- De dörrar som befinner sig på den borte kortsidan är blockerade och ingen utrymning kan ske åt detta håll.
- De dörrar som leder ut i foajén är blockerade och ingen utrymning kan ske åt detta håll.

Vissa åtgärder simulerades även i Pathfinder, då för att undersöka hur mycket utrymningstiden kan förkortas:

- Färre personer i lokalen.
- Extra dörrar från läktarna.

Även i känslighetsanalysen användes Pathfinder för att undersöka vilken påverkan på resultatet en minskning av antal personer i lokalen har. Då undersöktes hur mycket kortare utrymningstiden blir med färre personer i hallen.

Till sist gjordes en simulering för att undersöka hur många som kan befinna sig i lokalen om de ska hinna utrymma innan kritiska förhållanden uppstår i något scenario. Detta gjordes genom att sätta in olika mängder personer tills utrymningstiden var strax under tiden till kritiska förhållanden i det scenario med kortast tid till kritiska förhållanden.

Resultaten från simuleringarna i Pathfinder har redovisats under de stycken i arbetet där de är aktuella.

17.2 Begränsningar

Genomgående i detta avsnitt refereras till rapporten Validering av utrymningsprogrammet Pathfinder av Daniel Olsson (Olsson, 2013).

Pathfinder är ett datorprogram som simulerar utrymningstider ur uppbyggda geometrier. Programmet använder sig av två olika beräkningsmodeller som användaren själv får definiera, SFPE-mode och Steering-mode.

SFPE-mode grundar sig i beräkningar definierade i "SFPE Handbook of Fire Protection Engineer". Ingen hänsyn tas till avstånd mellan individer och personerna ser ut att gå igenom varandra. Den begränsade faktorn är personflödet igenom dörrar. Resultaten från SFPE-mode överensstämmer bra med verkligheten om utrymningen sker genom breda öppningar.

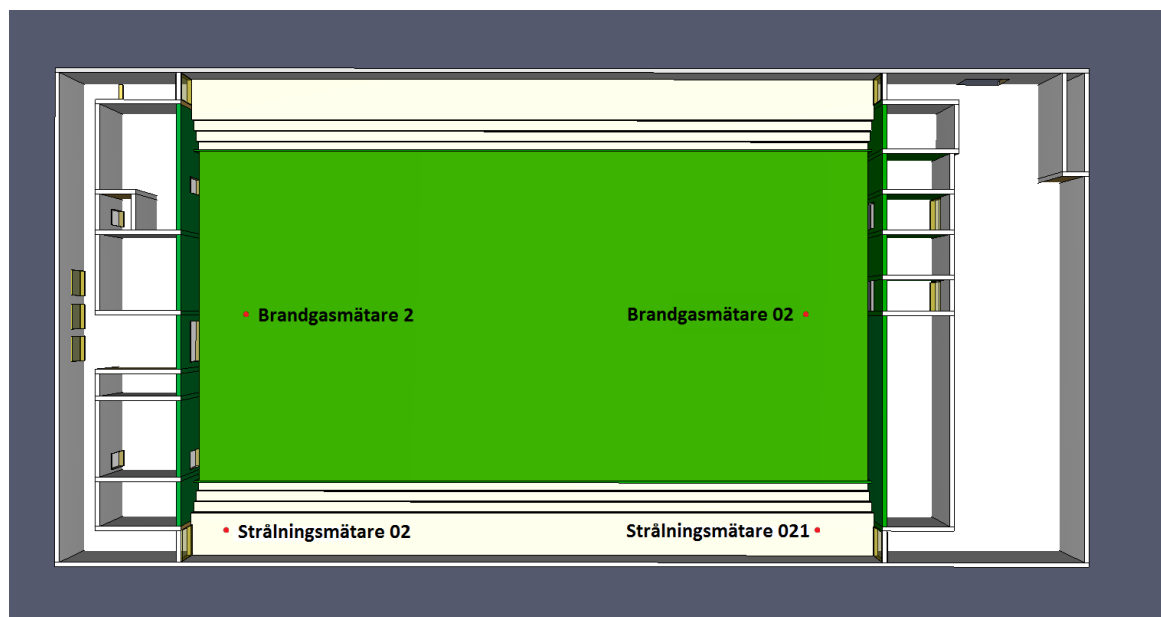
Steering-mode bygger på verklighetstroga beteenden hos personer genom att förflyttningen beror på intryck från andra individer och omgivningen. Det blir i denna beräkningsmodell persontätheten som begränsar utrymningen. De simuleringar på utrymningstid som genomförts i denna rapport har enbart bestått av simuleringar i Steering-mode medan SFPE-mode enbart använts i scenario 3 för att jämföra resultaten med resultaten från Steering-mode. Vid jämförelse med försök överensstämmer Steering-modes resultat bättre vid utrymning genom smala öppningar.

Steering-mode behandlar varje person individuellt och beräknar vägen till närmsta utgång. Personen försöker vid utrymning följa denna väg i den mån det är möjligt då vägen kan vara delvis blockerad av andra personer som också utrymmer. En begränsning med Pathfinder är att programmet inte tar hänsyn till grupp beteenden vid utrymning, till exempel familjer som håller ihop vid utrymning. Programmet tar inte heller hänsyn till någon form av brandmodell. I stället får simulanten jämföra resultaten från Pathfinder med resultat från exempelvis FDS på egen hand. Ytterligare en detalj som ej tas till hänsyn i Pathfinder är vilken riktning i trappor individerna går i. Givetvis går det fortare att gå ner för en trappa än att gå upp för en trappa.

Trots det ger Pathfinder resultat som kan anses vara tillfredställande nog för att visualisera en ungefärlig tid till utrymning ur en lokal.

18 Bilaga 4 – Skadekriterium

I Figur 22 illustreras de mätare som under simuleringarna mätt upp kritiska förhållanden. Ett flertal andra mätare fanns i lokalen under simuleringarna men inga av dem uppmätte kritiska förhållanden först i något scenario.



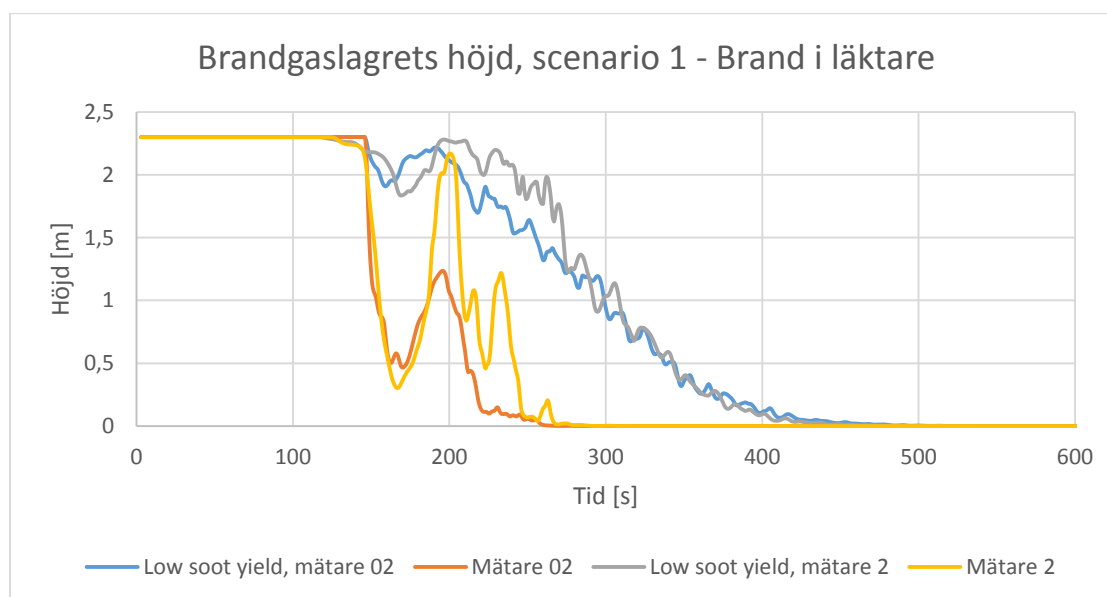
Figur 22. Placering av de redovisade mätpunkterna.

18.1 Scenario 1

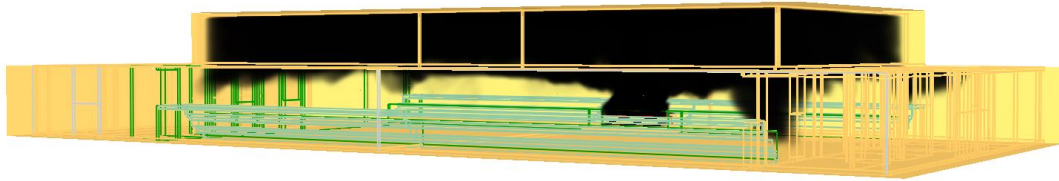
Nedan presenteras de skadekriterium som uppfylldes för scenario 1.

18.1.1 Brandgaslagrets höjd

Mätarna för brandgaslagrets höjd befinner sig längs byggnadens centrumlinje i ytterkanterna av sporthallen. Om brandgaslaget sjunker under nivån 2,3 meter över läktarens högsta golvnivå så anses kriteriet vara uppfyllt och utrymning skall vara avslutad. Diagrammet nedan utgår från den kritiska nivån 2,3 meter och visar när brandgaslaget sjunker under denna nivå. se Figur 23 och Figur 24.



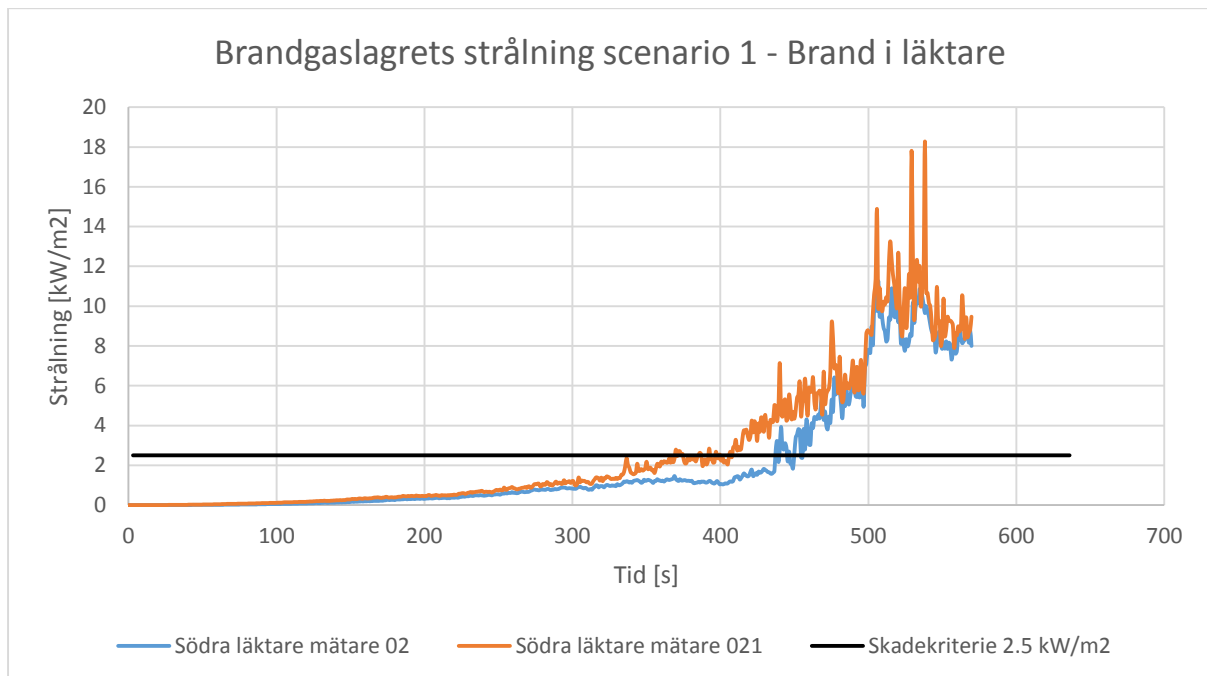
Figur 23. Brandgaslagrets höjd, scenario 1.



Figur 24. Bild från simulering vid tiden då kriteriet uppnåtts.

18.1.2 Strålning från brandgaslager och flamma

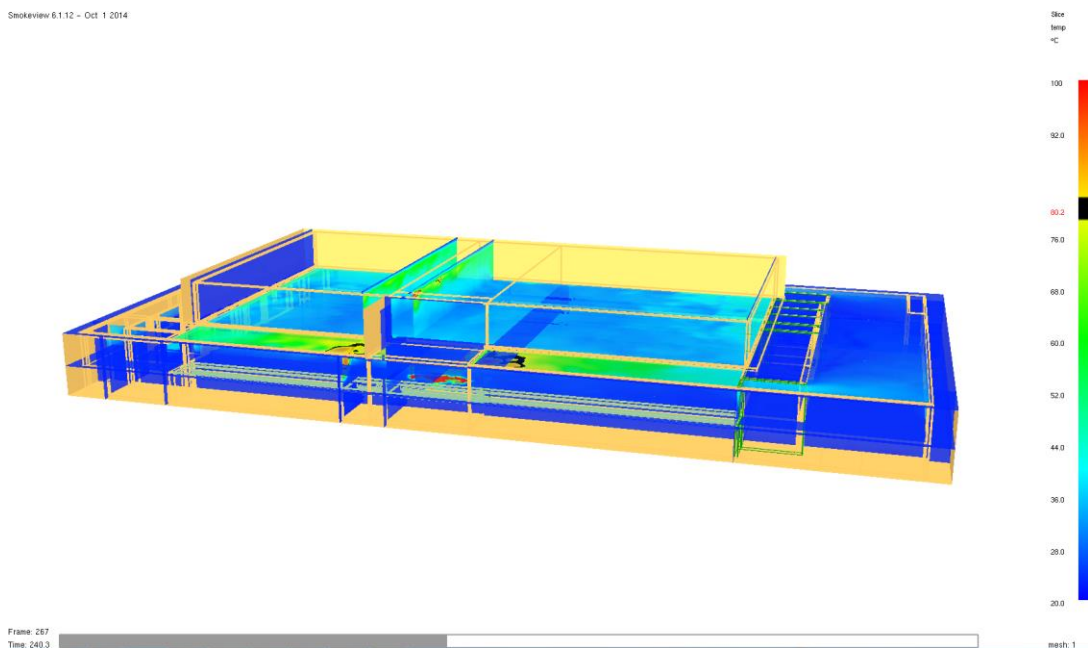
I Figur 25 nedan visas de uppmätta strålningsnivåerna där skadekriteriet överstigs i hallen vid simulering. Även om FDS inte är ett optimalt verktyg för att bestämma strålningsnivåer anses det ge ett rimligt riktvärde som jämförs med tiderna till de övriga skadekriterierna.



Figur 25. Strålning från brandgaslager, scenario 1.

18.1.3 Temperatur

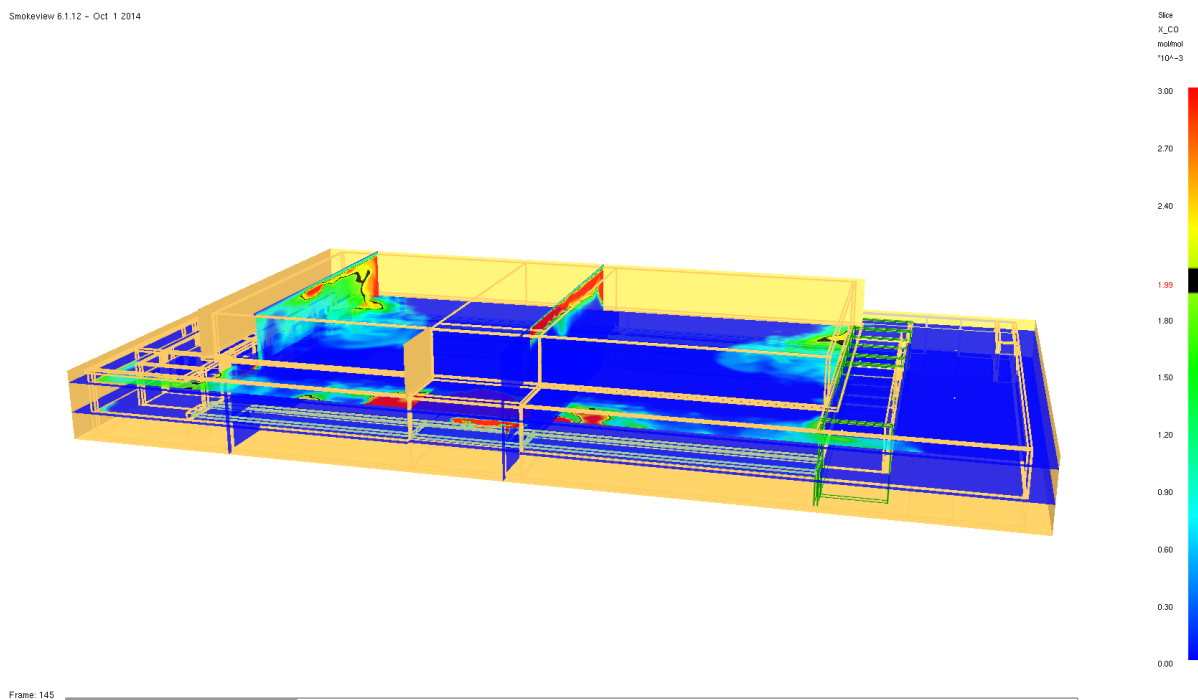
I Figur 26 nedan så visas slice-files för temperaturmätningen i lokalen när kritiska förhållanden uppstår. Stapeln till höger om bilden visar de vilken färg som representerar vilken temperatur. Svart färg är 80 grader vilket är gränsen för kritiska förhållanden. Röd färg är varmare och grön färg är svalare.



Figur 26. Bild från simulering då skadekriteriet uppnåts.

18.1.4 Toxicitet

Nedan presenteras mätningarna av toxiciteten i lokalen när kritiska förhållanden uppstår, se Figur 27. Svart färg representerar kriteriet och röd färg är när kriteriet har överstigit.

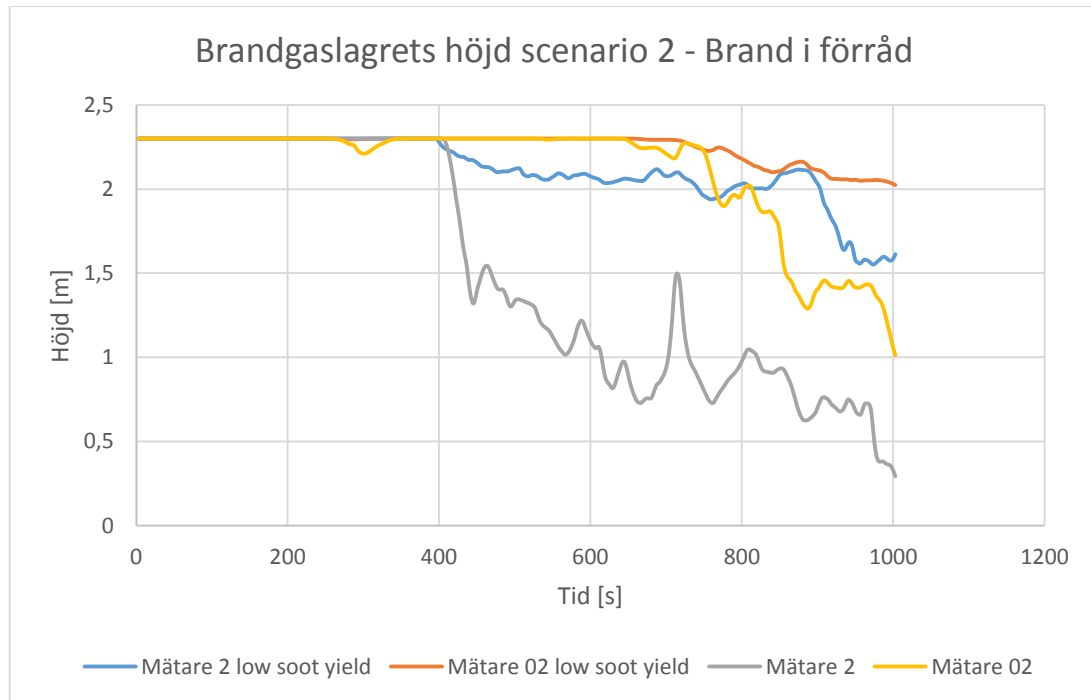


Figur 27. Bild från simulering då skadekriteriet uppnåts.

18.2 Scenario 2

Endast skadekriteriet gällande brandgaslagrets höjd uppfylldes i scenario 2 och det är därför bara det som illustreras nedan.

Mätarna för brandgaslagrets höjd befinner sig längs byggnadens centrumlinje i ytterkanterna av sporthallen. Om brandgaslaget sjunker under nivån 2,3 meter över läktarens högsta golvnivå så anses kriteriet vara uppfyllt och utrymning skall vara avslutad. I Figur 28 visas hur brandgaslagrets höjd varierar under den simulerade tiden. Figur 29 visar förhållandena i hallen när kriteriet överstigs.



Figur 28. Brandgaslagrets höjd, scenario 2.



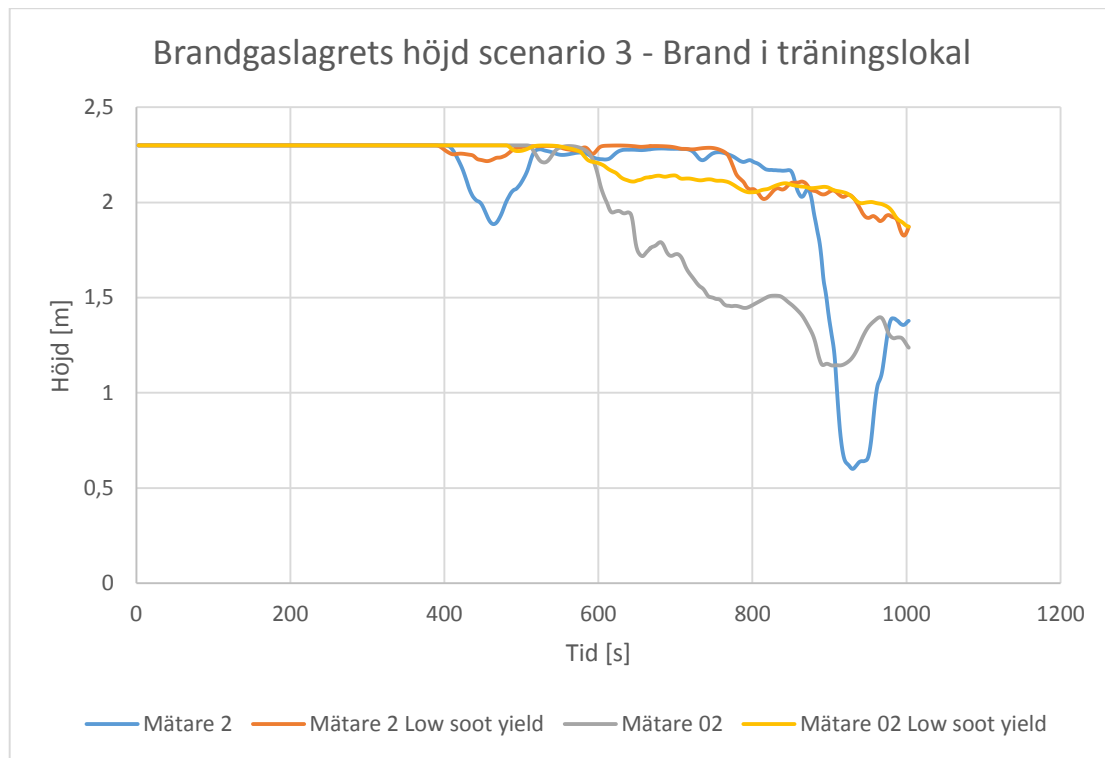
Frame 400 Time 360.0 mesh 1

Figur 29. Bild från simulering vid tiden då kriteriet uppnåtts.

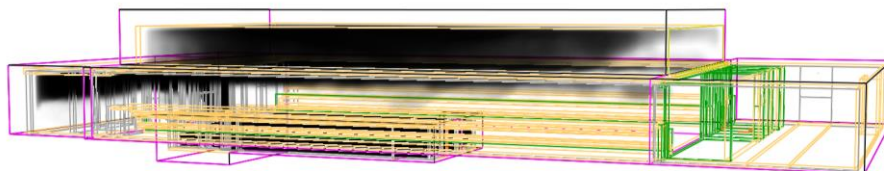
18.3 Scenario 3

Endast skadekriteriet gällande brandgaslagrets höjd uppfylldes i scenario 3 och det är därför bara det som illustreras nedan.

Mätarna för brandgaslagrets höjd befinner sig längs byggnadens centrumlinje i ytterkanterna av sporthallen. Om brandgaslaget sjunker under nivån 2,3 meter över läktarens högsta golvnivå så anses kriteriet vara uppfyllt och utrymning skall vara avslutad. I Figur 30 redovisas brandgaslagrets höjd ovanför golvet vid de olika mätna i hallen under hela simuleringstiden. Figur 31 illustrerar förhållandena i hallen då kriteriet överstigs.



Figur 30. Brandgaslagrets höjd, scenario 3.



Frame 500
Time 450.0

Figur 31. Bild från simulering vid tiden då kriteriet uppnått

19 Bilaga 5 - Känslighetsanalys

I denna bilaga har bland annat stycken som presenterats tidigare i rapporten samlats för att ge en bättre överblick över känslighetsanalysen. Känslighetsanalysen genomförs med en så kallad ”one way” känslighetsanalys. Detta innebär att utgångspunkten är ett grundscenario och att en variabel i taget sedan varieras och det undersöks hur kraftigt den parametern påverkar slutresultatet. I detta fall så är resultatet tidsdifferensen mellan fullständig utrymning och tid till kritiska förhållanden och i förlängningen hur många fler eller färre som hinner utrymma innan kritiska förhållanden uppstår.

Innan känslighetsanalysen påbörjades så utvärderades det vilka variabler som potentiellt sett har påverkat resultaten från simuleringarna. De som framkom av detta var:

- Soot yield
- Brandens maxeffekt
- Brandens tillväxthastighet
- Varseblivningstiden
- Förberedelsetiden
- Förflyttningstiden
- Personantal

Av dessa ovanstående parametrar så förkastades förflyttningstiden på grund av de stora köbildningar som tidigt uppstår. Även om gånghastigheten varieras så kommer det inte påverka utrymningstiden i någon stor utsträckning. Brandens storlek väljs också bort, då det blir kritiska förhållanden tidigt i våra simuleringar så anses det inte lämpligt att undersöka en större brand. En mindre brand undersöks inte heller då det skulle kunna ge en underskattning av riskerna i byggnaden. De bränder som finns i scenarierna är framräknade med den brandbelastning som finns i byggnaden. Av samma anledning valdes inte tillväxthastigheten som en parameter att variera i känslighetsanalysen. Varseblivningstiden beror av tiden det tar för detektorerna att lösa ut. Då denna rapport förutsätter att detektorerna fungerar felfritt så varieras inte heller denna tid i känslighetsanalysen.

Soot yield tros påverka tiden till kritiska förhållanden, men det är inte självklart hur. Därför valdes denna parameter att ingå i känslighetsanalysen. Personantalet i hallen är inte garanterat 1200 personer vid givet tillfälle och är därför med i känslighetsanalysen för att undersöka hur en minskning av personantalet påverkar utrymningstiderna. Förberedelsetiden i rapporten kommer ifrån BBRAD och är en uppskattning. Denna förutsätts påverka utrymningsresultatet och är därför inkluderad i känslighetsanalysen.

Tre olika parametrar har således varierats för varje scenario; soot yield, hur många som befinner sig i lokalen samt förberedelsetiden.

19.1 Soot yield

Soot yield är en faktor som eventuellt påverkar tiden till kritiska förhållanden beroende på vilket värde den antas ha. Om branden producerar mer sot kommer brandgasen troligtvis att bete sig på ett annat sätt. I de undersökta scenarierna användes en soot yield ifrån BBRAD i grundsimuleringen, 0,1 g/g (Boverket, 2013). Då denna soot yield är ett antagande som misstänks påverka hur många som blir kvar i byggnaden vid kritiska förhållanden så undersöks denna i känslighetsanalysen. Den varieras från värdet ifrån BBRAD till det verkliga, betydligt lägre, värdet för trä nämligen 0,015 g/g. Detta görs för att försöka utvärdera hur mycket antagandet om soot yield kommer att påverka resultaten från simuleringarna.

I Tabell 33 till Tabell 35 nedan presenteras tiden till de kritiska förhållandena för respektive scenario i fallet med en soot yield på 0,015g/g.

Tabell 33. Tid till kritiska förhållanden i scenario 1 i fallet med en lägre soot yield.

Skadekriterier	Kriterium som ska uppfyllas	Tid till kriteriet överstigs, låg soot yield [s]	Tid till kriteriet överstigs, grundscenario [s]
1. Brandgaslagrets nivå ovan golv	På läktaren 2,3m från golv	2 minuter och 25 sekunder	1 minut och 48 sekunder
3. Värmestrålning/Värmedos	2,5 kW/m ²	5 minuter och 50 sekunder	6 minuter och 10 sekunder
4. Temperatur	80°C	4 minuter och 10 sekunder	4 minuter
5. Toxicitet	CO > 2000ppm CO ₂ > 5 % O ₂ < 15 %	2 minuter och 20 sekunder - -	Kritisk nivå uppnås inte inom utrymningstiden för CO ₂ och O ₂ . Kritisk nivå uppnås efter 2 minuter och 10 sekunder för CO

Tabell 34. Tid till kritiska förhållanden i scenario 2 i fallet med en lägre soot yield.

Skadekriterier	Kriterium som ska uppfyllas	Tid till kriteriet överstigs, låg soot yield [s]	Tid till kriteriet överstigs, grundscenario [s]
1. Brandgaslagrets nivå ovan golv	På läktaren 2,3m från golv	7 minuter och 8 sekunder	Cirka 7 minuter
3. Värmestrålning/Värmedos	2,5 kW/m ²	Kritisk nivå uppnås inte inom utrymningstiden	Kritisk nivå uppnås inte inom utrymningstiden
4. Temperatur	80°C	Kritisk nivå uppnås inte inom utrymningstiden	Kritisk nivå uppnås inte inom utrymningstiden
5. Toxicitet	CO > 2000ppm CO ₂ > 5 % O ₂ < 15 %	Kritisk nivå uppnås inte inom utrymningstiden	Kritisk nivå uppnås inte inom utrymningstiden

Tabell 35. Tid till kritiska förhållanden i scenario 3 i fallet med en lägre soot yield.

Skadekriterier	Kriterium som ska uppfyllas	Tid till kriteriet överstigs, låg soot yield [s]	Tid till kriteriet överstigs, grundscenario [s]
1. Brandgaslagrets nivå ovan golv	På läktaren 2,3m från golv	7 minuter och 10 sekunder	7 minuter och 30 sekunder
3. Värmestrålning/Värmedos	2,5 kW/m ²	Kritisk nivå uppnås inte inom utrymningstiden	Kritisk nivå uppnås inte inom utrymningstiden
4. Temperatur	80°C	Kritisk nivå uppnås inte inom utrymningstiden	Kritisk nivå uppnås inte inom utrymningstiden
5. Toxicitet	CO > 2000ppm CO ₂ > 5 % O ₂ < 15 %	Uppnås ej inom utrymningstiden (CO-koncentrationen överstiger 2000ppm efter cirka 750 sekunder)	Kritisk nivå uppnås inte inom utrymningstiden

I scenario 2 så förändras inte tiden till kritiska förhållanden alls när soot yield sänks. I scenario 3 blir det kritiska förhållanden 20 sekunder snabbare än med den högra soot yield. I scenario 1 så blir det snabbare kritiska förhållanden i hallen med högre soot yield. Det finns inget entydigt håll som tiden till kritiska förhållanden påverkas när soot yield sänks utan soot yield verkar vara en faktor som påverkar tiden till kritiska förhållanden i samband med andra faktorer till exempel hur mycket brandgaslagret hinner svalna av innan mätningar sker.

Känslighetsanalysen visar att soot yield är en faktor som spelar roll vid simuleringar och att det är en fördel om den kan uppskattats så korrekt som möjligt. Den säger också att de antagandena som gjordes i rapporten avseende soot yield inte påverkade resultatet åt ett entydigt håll och att antagandet att använda soot yield ifrån BBRAD är en tillfredställande approximation (Boverket, 2013).

19.2 Antal personer i lokalen

Hur många personer som befinner sig i hallen påverkar hur lång tid det tar att tömma lokalen men inte tiden till kritiska förhållanden. För känslighetsanalysen varierades antalet personer som befinner sig i lokalen till 800 för att undersöka hur detta påverkar utrymningstiden.

Personantal varierades ifrån 1200 till 800 personer, 800 väljs då det anses vara en kraftig minskning av personer i lokalen men fortfarande är något mer än hälften av personerna kvar i byggnaden. Skillnaden i hur många som är kvar i lokalen när kritiska förhållanden uppstår i varje scenario presenteras nedan.

I Tabell 36 till Tabell 38 presenteras antalet personer som är kvar i byggnaden då kritiska förhållanden uppstår i lokalen för respektive scenario då det är 1200 respektive 800 personer i lokalen.

Tabell 36. Antalet personer kvar i byggnaden då kritiska förhållanden uppstår i scenario 1 med ett maxantal på 1200 respektive 800 personer i lokalen.

Antal personer	Antal kvar i byggnaden vid kritiska förhållanden
1200	491
800	113

Tabell 37. Antalet personer kvar i byggnaden då kritiska förhållanden uppstår i scenario 2 med ett maxantal på 1200 respektive 800 personer i lokalen.

Antal personer	Antal kvar i byggnaden vid kritiska förhållanden
1200	235
800	0

Tabell 38. Antalet personer kvar i byggnaden då kritiska förhållanden uppstår i scenario 3 med ett maxantal på 1200 respektive 800 personer i lokalen.

Antal personer	Antal kvar i byggnaden vid kritiska förhållanden
1200	630
800	254

Det är svårt att säga precis hur många som kommer befinna sig i byggnaden vid en eventuell brand. Antagandet att 1200 personer befinner sig i lokalen vid grundsimuleringarna har gjorts då det anses vara ett konservativt antagande baserat på det maximalt tillåtna personantalet i hallen. Då känslighetsanalysen har påvisat att personantalet ger en stor skillnad i hur många som blir kvar i byggnaden så genomförs ytterligare utrymningssimuleringar som används som grund för att utvärdera om en eventuell åtgärd skulle kunna vara att minska personantalet i lokalen.

19.3 Förberedelsetid

Då det är svårt att uppskatta tiden det tar för människorna att förbereda sig för att utrymma så är det intressant att undersöka hur resultatet förändras om förberedelsetiden antingen förkortas eller förlängs. De förberedelsetider som använts i denna rapport kommer ifrån BBRAD eller är baserade på tider ur BBRAD. Dessa tider är endast uppskattningar och varierades för varje scenario. Tiden varierades för varje scenario enligt vad som var lämpligt. De scenarion som har en lång förberedelsetid fick en större variation och de med en kortare tid fick en mindre variation. I scenario 1 kan inte förberedelsetiden varieras nedåt utan endast uppåt. I de andra fallen varierades den lika många sekunder uppåt som nedåt. Resultaten från detta presenteras i Tabell 39 till Tabell 41.

Tabell 39. Antalet personer kvar i byggnaden i scenario 1 då förberedelsetiden varierar.

Förberedelsetid	Antal personer kvar i byggnaden när kritiska förhållanden uppstår
0 sekunder	491
15 sekunder	598

Tabell 40. Antalet personer kvar i byggnaden i scenario 2 då förberedelsetiden varierar.

Förberedelsetid	Antal personer kvar i byggnaden när kritiska förhållanden uppstår
30 sekunder	118
1 minut	235
1 minut och 30 sekunder	343

Tabell 41. Antalet personer kvar i byggnaden i scenario 3 då förberedelsetiden varierar.

Förberedelsetid	Antal personer kvar i byggnaden när kritiska förhållanden uppstår
2 minuter	353
3 minuter och 30 sekunder	630
5 minuter	929

Det visar sig att förberedelsetiden är en parameter som kommer påverka resultatet då branden utvecklas snabbt, en liten skillnad i utrymningstid gör att fler personer hinner utrymma innan det uppstår kritiska förhållanden i byggnaden. Denna parameter skulle behöva undersökas ytterligare för att ge ett mer tillförlitligt resultat. Denna rapport har dock inte resurser till att genomföra egna försök och undersökningar och förberedelsetiderna behålls därför till de som BBRAD rekommenderar i de olika scenarierna. I scenario 1 anses dock förberedelsetiden rekommenderad i BBRAD vara för lång under rådande omständigheter och förkortas ned.

19.4 Allmänt

I detta stycke presenteras övriga delar av känslighetsanalysen som inte tidigare presenterats i rapporten.

19.4.1 Antaganden

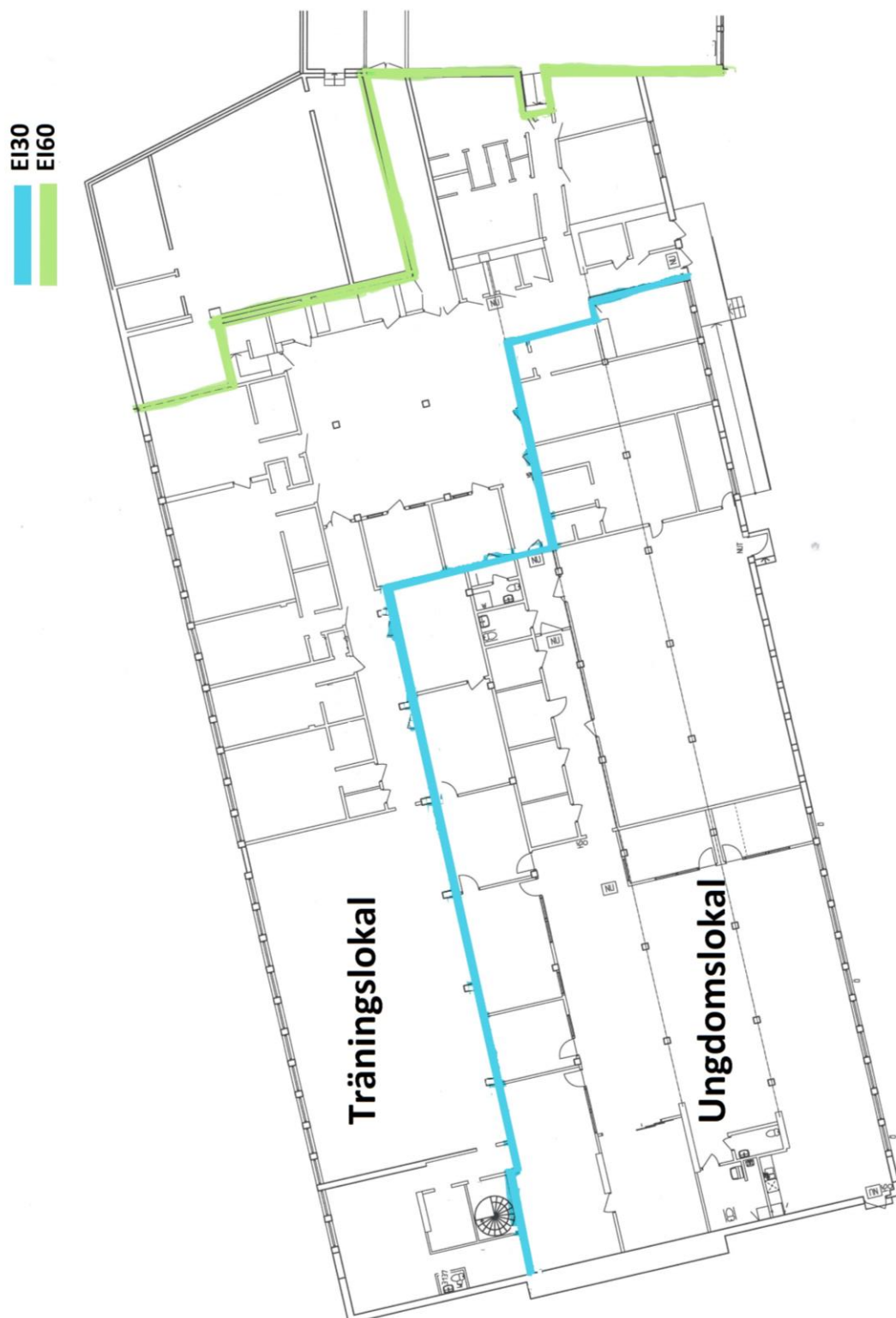
I samtliga simuleringar i Pathfinder är det samma förhållande mellan antalet vuxna, barn, äldre och funktionshindrade i lokalen. En översiktlig analys genomfördes där antalet barn och funktionshindrade varierades (resterande personer var vuxna). Ingen väsentlig tidsskillnad till dess att alla personerna utrymt kunde noteras varvid detta inte analyserades vidare i känslighetsanalysen. Anledningen till att det inte blev någon större tidsskillnad beror troligtvis på att det spelar en mindre roll hur lång tid det tar för en person att ta sig till utgångarna då det i samtliga fall kommer bildas en kö vid utgångarna.

19.4.2 Pathfinder

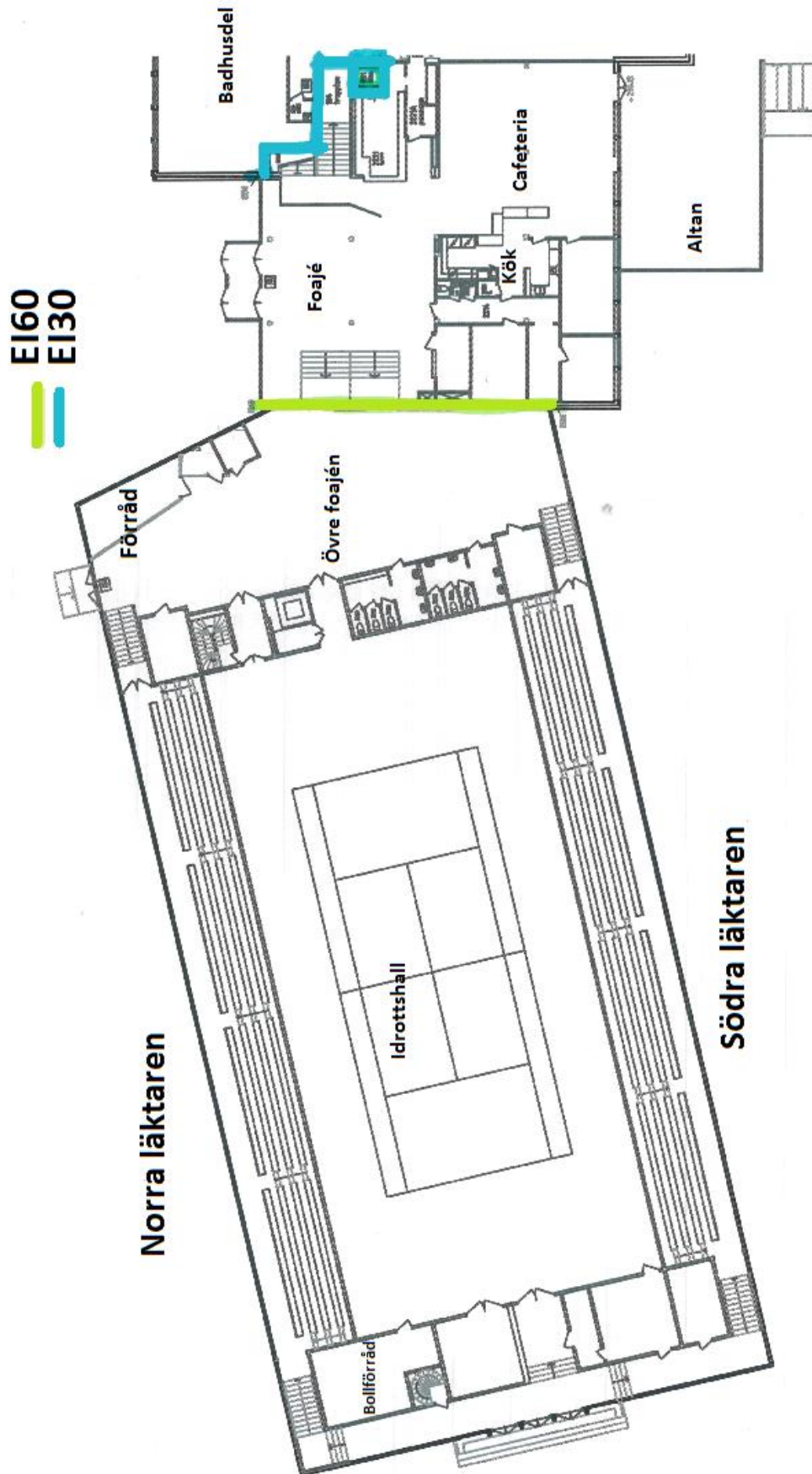
Steering mode har använts i Pathfinder simuleringarna som genomförts i detta arbetet, se Bilaga 4 för närmre förklaring av skillnaden mellan steering och SFPE mode. För att undersöka hur mycket det påverkat resultatet att steering mode har använts i simuleringarna så görs en enklare känslighetsanalys där ett utrymningsscenario simuleras i både steering och SFPE mode för att undersöka hur stor skillnad det blir i utrymningstid. Grundsimuleringen i scenario 3 används för att genomföra denna analys då den har längst utrymningstid. Om SFPE istället hade använts så hade förflyttningstiden i grundscenariot i scenario 3 blivit 7 minuter och 52 sekunder istället för med steering där det blev 7 minuter och 40 sekunder, detta ger en skillnad i total utrymningstid på 12 sekunder. Denna skillnad visar på att antagandet att använda steering mode inte kraftigt har påverkat resultatet av simuleringarna.

20 Bilaga 6 – Brandcellsgränser

I Figur 32 till Figur 35 nedan visas ritningar över planlösningen i byggnaden samt brandcellsgränser.



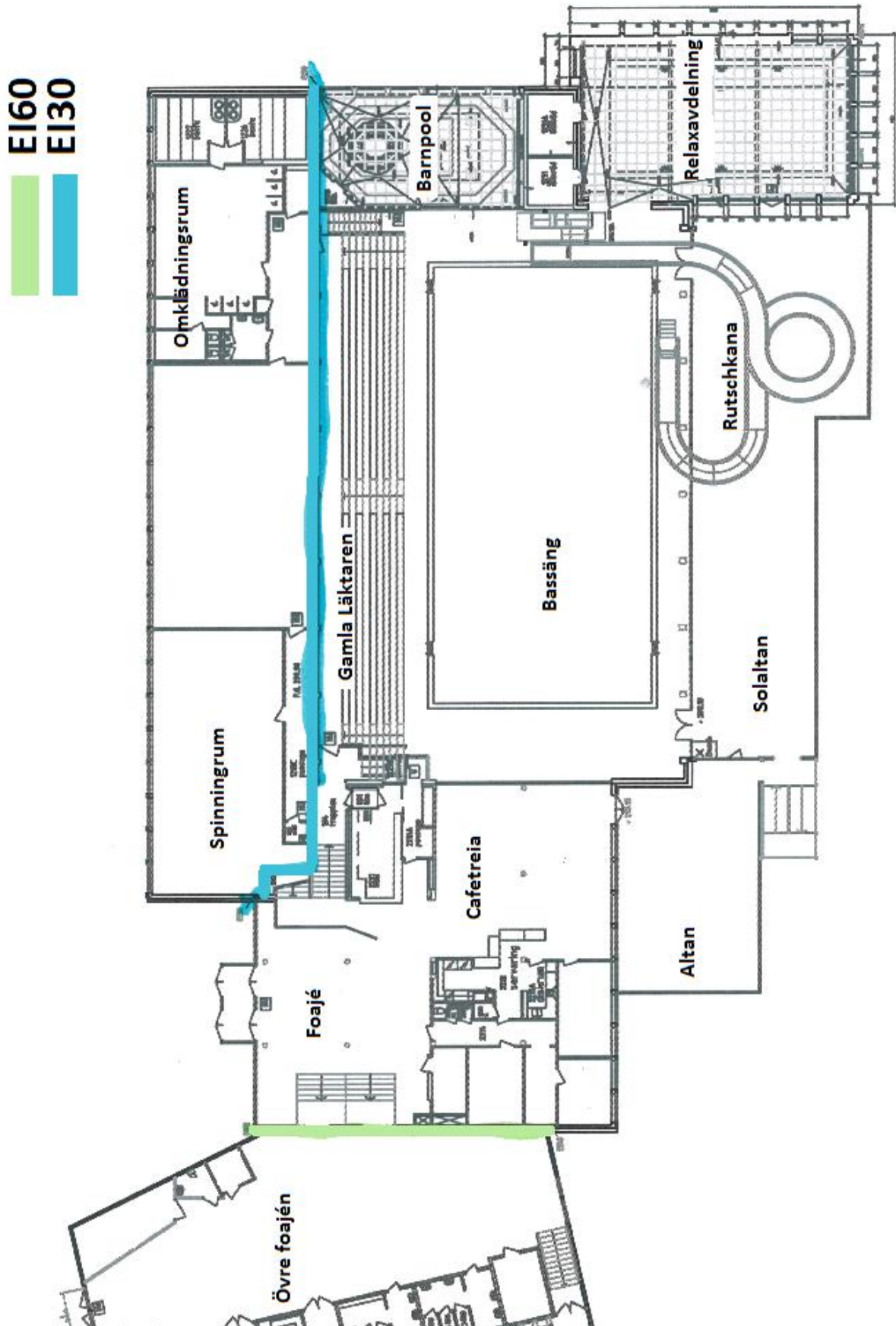
Figur 32. Brandväggar (EI30 och EI60) utritade på suterrängvåningen i sportdelen.



Figur 33. Brandväggar (EI30 och EI60) utritade på bottenvåningen i sportdelen.



Figur 34. Brandväggar (EI15, EI30 samt EI60) utritade på suterrängvåningen i simdelen.



Figur 35. Brandväggar (EI30 och EI60) utritade på bottenvåningen i simdelen.

21 Bilaga 7 – FDS Indata

Denna bilaga innehåller indata för FDS-simuleringen till Scenario 3. Anledningen till att koden till detta scenario redovisas är för att här visas hela byggnaden upp. I scenario 1 och 2 redovisas enbart den övre delen av byggnaden då undervåningen ej blir relevant i dessa scenarier. För dessa två scenarier tas raderna som definierar undervåningen därför bort.

21.1 Indata för Mesh och brand i Scenario 1

```
&MESH ID='MESH', IJK=70,58,80, XB=22.0,29.0,-1.2,4.6,2.8,10.8/  
&MESH ID='MESH02', IJK=150,146,23, XB=29.0,59.0,-1.2,28.0,2.8,7.4/  
&MESH ID='MESH03', IJK=150,117,23, XB=-1.0,29.0,4.6,28.0,2.8,7.4/  
&MESH ID='MESH04', IJK=115,29,23, XB=-1.0,22.0,-1.2,4.6,2.8,7.4/  
&MESH ID='MESH05', IJK=80,100,17, XB=6.0,22.0,3.2,23.2,7.4,10.8/  
&MESH ID='MESH06', IJK=35,93,17, XB=22.0,29.0,4.6,23.2,7.4,10.8/  
&MESH ID='MESH07', IJK=90,100,17, XB=29.0,47.0,3.2,23.2,7.4,10.8/  
&OBST XB=23.0,28.0,3.7,4.2,3.05,3.1, SURF_IDS='branden','INERT','INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=23.0,28.0,2.5,3.0,3.9,4.1, SURF_IDS='branden','INERT','INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=23.0,28.0,3.1,3.6,3.35,3.4, SURF_IDS='branden','INERT','INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=23.0,28.0,3.0,3.1,3.4,4.0, SURF_ID6='INERT','INERT','INERT','branden','INERT','INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=28.0,46.129,3.61152,3.71152,3.0,4.4, RGB=0,153,0, SURF_ID='INERT'/ Sargen  
&OBST XB=23.0,28.0,3.61152,3.71152,3.0,4.4, RGB=0,153,0,  
SURF_ID6='INERT','INERT','branden','branden','INERT','branden'/ Sargen
```

21.2 Indata för Mesh och brand i Scenario 2

```
&MESH ID='MESH02', IJK=234,147,29, XB=-2.8,44.0,-1.4,28.0,2.0,7.8/  
&MESH ID='MESH03', IJK=95,54,10, XB=6.0,44.0,2.4,24.0,7.8,11.8/  
&MESH ID='Ny test', IJK=40,50,54, XB=54.0,58.0,23.0,28.0,2.4,7.8/  
&MESH ID='nytest2', IJK=50,25,29, XB=44.0,54.0,23.0,28.0,2.0,7.8/  
&MESH ID='nytest3', IJK=70,120,29, XB=44.0,58.0,-1.0,23.0,2.0,7.8/  
&MESH ID='MESH', IJK=16,108,20, XB=44.0,47.2,2.4,24.0,7.8,11.8/  
&OBST XB=56.0,57.0,25.0,26.0,3.05,3.3, SURF_IDS='branden','INERT','INERT'/ Obstruction
```

21.3 Indata för Scenario 3

dansrum_sim1.fds

Generated by PyroSim - Version 2014.4.1208

2015-mar-12 14:06:45

```
&HEAD CHID='dansrum_sim1'/
```

```
&TIME T_END=30.0/
```

Brandteknisk riskvärdering av Nässjö sim- och sporthall

&DUMP RENDER_FILE='dansrum_sim1.ge1', DT_RESTART=300.0/

&MESH ID='MESH', IJK=36,50,45, XB=-1.2,6.0,17.0,27.0,-1.2,7.8/

&MESH ID='MESH01', IJK=60,160,25, XB=46.0,58.0,-1.8,30.2,2.8,7.8/

&MESH ID='MESH02', IJK=200,144,25, XB=6.0,46.0,-1.8,27.0,2.8,7.8/

&MESH ID='MESH03', IJK=100,54,10, XB=6.0,46.0,2.4,24.0,7.8,11.8/

&MESH ID='MESH04', IJK=36,90,25, XB=-1.2,6.0,-1.0,17.0,2.8,7.8/

&MESH ID='MESH05', IJK=36,50,30, XB=21.0,24.6,23.0,28.0,-0.2,2.8/

&MESH ID='MESH06', IJK=75,50,15, XB=6.0,21.0,17.0,27.0,-0.2,2.8/

&MESH ID='MESH07', IJK=18,30,15, XB=21.0,24.6,17.0,23.0,-0.2,2.8/

&REAC ID='Cellulosa',

FUEL='REAC_FUEL',

FORMULA='C6H10O5',

CO_YIELD=0.89,

SOOT_YIELD=0.1,

HEAT_OF_COMBUSTION=1.94E4/

&PROP ID='Heskestad Ionization', QUANTITY='CHAMBER OBSCURATION', LENGTH=1.8/

&PROP ID='Cleary Ionization II',

QUANTITY='CHAMBER OBSCURATION',

ALPHA_E=2.5,

BETA_E=-0.7,

ALPHA_C=0.8,

BETA_C=-0.9/

&DEVC ID='FLOW', QUANTITY='HEAT FLOW', XB=2.62899,4.37899,18.0115,20.0115,2.8,2.8/

&DEVC ID='danceroom_SD', PROP_ID='Heskestad Ionization', XYZ=15.0,22.0,2.6/

&DEVC ID='Obscurameter_danceroom', QUANTITY='OPTICAL DENSITY', XYZ=16.0,20.0,2.6/

&DEVC ID='FLOW01', QUANTITY='MASS FLOW', XB=7.0,7.0,-0.449477,1.2805,5.0,7.2/

&DEVC ID='FLOW02', QUANTITY='MASS FLOW', XB=7.0,7.0,25.0,27.0,5.0,7.0/

&DEVC ID='FLOW03', QUANTITY='HEAT FLOW', XB=2.37759,2.37759,18.4185,19.3215,3.05,5.25/

&DEVC ID='FLOW04', QUANTITY='HEAT FLOW', XB=7.0,7.0,10.5905,12.9465,3.05,5.25/

&DEVC ID='utanf_dansr_SD', PROP_ID='Heskestad Ionization', XYZ=5.81396,19.715,2.57111/

&DEVC ID='siktmätare_ingång1', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=5.0,1.0,0.5,0.5,7.0,7.0/

&DEVC ID='siktmätare_ingång2', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=5.0,1.0,26.25,26.25,7.0,7.0/

Brandteknisk riskvärdering av Nässjö sim- och sporthall

&DEVC ID='höjd_brandgaslager_ingång1->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=3.75,3.75,0.0,0.0,3.0,7.25/
&DEVC ID='höjd_brandgaslager_ingång1->LTEMP', QUANTITY='LOWER TEMPERATURE',
XB=3.75,3.75,0.0,0.0,3.0,7.25/
&DEVC ID='höjd_brandgaslager_ingång1->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE',
XB=3.75,3.75,0.0,0.0,3.0,7.25/
&DEVC ID='höjd_brandgaslager_ingång2->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT',
XB=3.75,3.75,26.25,26.25,3.0,7.25/
&DEVC ID='höjd_brandgaslager_ingång2->LTEMP', QUANTITY='LOWER TEMPERATURE',
XB=3.75,3.75,26.25,26.25,3.0,7.25/
&DEVC ID='höjd_brandgaslager_ingång2->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE',
XB=3.75,3.75,26.25,26.25,3.0,7.25/
&DEVC ID='höjd_brandgaslager_hall1', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=8.5,8.5,12.0,12.0,7.3,11.3/
&DEVC ID='höjd_brandgaslager_hall2', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=8.5,8.5,12.0,12.0,3.0,7.3/
&DEVC ID='höjd_brandgaslager_släktare', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=8.5,8.5,0.75,0.75,5.0,7.3/
&DEVC ID='höjd_brandgaslager_nläktare', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=8.5,8.5,26.0,26.0,5.0,7.3/
&DEVC ID='höjd_brandgaslager_hall01', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=40.0,40.0,12.0,12.0,7.3,11.3/
&DEVC ID='höjd_brandgaslager_hall02', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=40.0,40.0,12.0,12.0,3.0,7.3/
&DEVC ID='höjd_brandgaslager_mellanrum', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=6.0,6.0,4.75,4.75,3.0,7.3/
&DEVC ID='höjd_brandgaslager_ingång3', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=6.0,6.0,12.0,12.0,3.0,7.3/
&DEVC ID='siktmätare_utgkorr1', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=1.5,1.5,22.0,17.0,5.0,5.0/
&DEVC ID='siktmätare_utgkorr2', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=1.5,1.5,3.0,8.0,5.0,5.0/
&DEVC ID='siktmätare_släktare1', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=10.0,15.0,0.5,0.5,7.0,7.0/
&DEVC ID='siktmätare_släktare2', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=20.0,25.0,0.5,0.5,7.0,7.0/
&DEVC ID='siktmätare_släktare3', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=34.0,39.0,0.5,0.5,7.0,7.0/
&DEVC ID='siktmätare_nläktare1', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=10.0,15.0,26.0,26.0,7.0,7.0/
&DEVC ID='siktmätaren_nläktare2', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=20.0,25.0,26.0,26.0,7.0,7.0/
&DEVC ID='siktmätaren_nläktare3', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=34.0,39.0,26.0,26.0,7.0,7.0/
&DEVC ID='höjd_brandgaslager_släktare2', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=25.0,25.0,0.75,0.75,5.0,7.3/
&DEVC ID='höjd_brandgaslager_släktare3', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=45.0,45.0,0.75,0.75,5.0,7.3/
&DEVC ID='höjd_brandgaslager_nläktare2', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=25.0,25.0,26.0,26.0,5.0,7.3/
&DEVC ID='höjd_brandgaslager_nläktare3', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=45.0,45.0,26.0,26.0,5.0,7.3/
&DEVC ID='SD_foajé', PROP_ID='Cleary Ionization II', XYZ=47.5,26.0,7.25/
&DEVC ID='SD_foajé01', PROP_ID='Cleary Ionization II', XYZ=47.5,0.25,7.25/
&DEVC ID='SD_nödutg', PROP_ID='Cleary Ionization II', XYZ=4.5,26.0,7.25/
&DEVC ID='SD_nödutg01', PROP_ID='Cleary Ionization II', XYZ=4.5,0.25,7.25/
&DEVC ID='SD_litetrum1', PROP_ID='Cleary Ionization II', XYZ=47.5,18.75,7.25/
&DEVC ID='SD_litetrum2', PROP_ID='Cleary Ionization II', XYZ=47.5,14.5,7.25/
&DEVC ID='SD_nödutg02', PROP_ID='Cleary Ionization II', XYZ=1.5,3.0,7.25/

Brandteknisk riskvärdering av Nässjö sim- och sporthall

&DEVC ID='SD_nödutg03', PROP_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=1.5,21.1027,7.25/
&DEVC ID='SD_nödutg04', PROP_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=3.5,18.75,7.25/
&DEVC ID='radiometer_nläktare1', QUANTITY='RADIOMETER', XYZ=8.0,26.0,5.0, IOR=3/
&DEVC ID='radiometer_nläktare01', QUANTITY='RADIOMETER', XYZ=17.0,26.0,5.0, IOR=3/
&DEVC ID='radiometer_nläktare02', QUANTITY='RADIOMETER', XYZ=27.0,26.0,5.0, IOR=3/
&DEVC ID='radiometer_nläktare03', QUANTITY='RADIOMETER', XYZ=37.0,26.0,5.0, IOR=3/
&DEVC ID='radiometer_släktare1', QUANTITY='RADIOMETER', XYZ=8.0,0.5,5.0, IOR=3/
&DEVC ID='radiometer_släktare01', QUANTITY='RADIOMETER', XYZ=17.0,0.5,5.0, IOR=3/
&DEVC ID='radiometer_släktare02', QUANTITY='RADIOMETER', XYZ=27.0,0.5,5.0, IOR=3/
&DEVC ID='radiometer_släktare03', QUANTITY='RADIOMETER', XYZ=37.0,0.5,5.0, IOR=3/
&DEVC ID='SD_foajé1', PROP_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=53.5,18.75,7.25/
&DEVC ID='SD_foajé2', PROP_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=53.5,8.0,7.25/
&DEVC ID='radiometer_hallgolv1', QUANTITY='RADIOMETER', XYZ=10.0,12.5,3.05, IOR=3/
&DEVC ID='radiometer_hallgolv01', QUANTITY='RADIOMETER', XYZ=17.0,12.5,3.05, IOR=3/
&DEVC ID='radiometer_hallgolv02', QUANTITY='RADIOMETER', XYZ=27.0,12.5,3.05, IOR=3/
&DEVC ID='radiometer_hallgolv03', QUANTITY='RADIOMETER', XYZ=37.0,12.5,3.05, IOR=3/

&MATL ID='CONCRETE',
 FYI='NBSIR 88-3752 - ATF NIST Multi-Floor Validation',
 SPECIFIC_HEAT=1.04,
 CONDUCTIVITY=1.8,
 DENSITY=2280.0/

&SURF ID='betongvägg',
 COLOR='GRAY 60',
 BACKING='VOID',
 MATL_ID(1,1)='CONCRETE',
 MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,
 THICKNESS(1)=0.3/
&SURF ID='Väggar',
 RGB=255,102,0,
 TEXTURE_MAP='psm_spruce.jpg',
 TEXTURE_WIDTH=0.67056,
 TEXTURE_HEIGHT=2.4384/
&SURF ID='Golv',
 TEXTURE_MAP='psm_concrete.jpg',

TEXTURE_WIDTH=0.762,
TEXTURE_HEIGHT=0.762/

&SURF ID='branden',

COLOR='RED',

TEXTURE_MAP='psm_fire.jpg',

HRRPUA=304.0,

TAU_Q=-300.0/

&OBST XB=0.087486,6.8,26.7615,26.9615,0.0,2.8, SURF_ID='betongvägg'/ Obstruction

&OBST XB=34.8375,38.3375,14.0115,14.2115,0.0,2.8, SURF_ID='Väggar'/ Obstruction

&OBST XB=0.087486,6.83749,8.76152,8.96152,0.0,2.8, SURF_ID='betongvägg'/ Obstruction

&OBST XB=9.83749,10.0875,8.51152,8.71152,0.0,2.8, SURF_ID='Väggar'/ Obstruction

&OBST XB=14.5875,14.8375,8.51152,8.71152,0.0,2.8, SURF_ID='Väggar'/ Obstruction

&OBST XB=2.33749,5.33749,20.0115,20.2115,0.0,2.8, SURF_ID='betongvägg'/ Obstruction

&OBST XB=22.2,24.0,24.0,26.5,0.0,0.25, SURF_IDS='branden','INERT','INERT'/ Obstruction

&OBST XB=45.8482,48.8,20.0115,22.8,-0.25,0.0, SURF_ID='Golv'/ Obstruction

&OBST XB=46.1674,46.4174,19.8,22.6,0.0,2.8, SURF_ID='Väggar'/ Obstruction

&OBST XB=46.129,48.4,22.4,22.6,0.0,2.8, SURF_ID='Väggar'/ Obstruction

&OBST XB=48.4,48.6,19.6,22.6,0.0,2.8, SURF_ID='Väggar'/ Obstruction

&OBST XB=47.8,48.6,19.6,19.8,0.0,2.8, SURF_ID='Väggar'/ Obstruction

&OBST XB=0.087486,57.629,-0.712477,27.0115,2.8,3.05, SURF_ID='INERT'/ Obstruction

&OBST XB=7.11769,46.129,22.8115,23.0115,2.8,3.1, SURF_ID='INERT'/ Obstruction

&OBST XB=7.11769,46.129,22.8115,23.3615,3.1,3.35, SURF_ID='INERT'/ Obstruction

&OBST XB=7.11769,46.129,23.3615,23.5615,3.1,3.65, SURF_ID='INERT'/ Obstruction

&OBST XB=7.11769,46.129,23.3615,23.9115,3.65,3.9, SURF_ID='INERT'/ Obstruction

&OBST XB=7.11769,46.129,23.9115,24.1115,3.9,4.2, SURF_ID='INERT'/ Obstruction

&OBST XB=7.11769,46.129,23.9115,24.4615,4.2,4.45, SURF_ID='INERT'/ Obstruction

&OBST XB=7.11769,46.129,24.4615,24.6615,4.45,4.75, SURF_ID='INERT'/ Obstruction

&OBST XB=7.11769,46.129,24.4615,26.7525,4.75,5.0, SURF_ID='INERT'/ Obstruction

&OBST XB=0.087286,7.11279,-0.715477,26.9755,7.29393,7.54393, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='INERT'/
Obstruction

&OBST XB=46.1785,57.6288,-0.670477,27.0115,7.3,7.55, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='INERT'/ Obstruction

&OBST XB=7.11769,46.129,3.41152,3.61152,2.8,3.1, SURF_ID='INERT'/ Obstruction

&OBST XB=7.11769,46.129,3.06152,3.61152,3.1,3.35, SURF_ID='INERT'/ Obstruction

&OBST XB=7.11769,46.129,2.86152,3.06152,3.1,3.65, SURF_ID='INERT'/ Obstruction

&OBST XB=7.11769,46.129,2.51152,3.06152,3.65,3.9, SURF_ID='INERT'/ Obstruction

&OBST XB=7.11769,46.129,2.31152,2.51152,3.9,4.2, SURF_ID='INERT'/ Obstruction

&OBST XB=7.11769,46.129,1.96152,2.51152,4.2,4.45, SURF_ID='INERT'/ Obstruction
&OBST XB=7.11769,46.129,1.76152,1.96152,4.45,4.75, SURF_ID='INERT'/ Obstruction
&OBST XB=7.11769,46.129,-0.477477,1.96152,4.75,5.0, SURF_ID='INERT'/ Obstruction
&OBST XB=7.11769,46.129,3.61152,3.71152,3.0,4.4, RGB=0,153,0, SURF_ID='INERT'/ Obstruction
&OBST XB=7.11769,46.129,22.7115,22.8115,3.0,4.4, RGB=0,153,0, SURF_ID='INERT'/ Obstruction
&OBST XB=7.11279,46.1785,-0.670477,3.32952,7.30593,7.55, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='INERT'/ Obstruction
&OBST XB=7.11279,46.1785,23.0115,27.0115,7.3,7.55, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='INERT'/ Obstruction
&OBST XB=46.1785,46.3785,3.32952,23.0115,7.55,10.55, RGB=204,204,0, SURF_ID='INERT'/ Obstruction
&OBST XB=6.91279,7.11279,3.32952,23.0115,7.55,10.55, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='INERT'/ Obstruction
&OBST XB=6.91279,46.3785,3.12952,3.32952,7.55,10.55, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='INERT'/ Obstruction
&OBST XB=6.91279,46.3785,23.0115,23.2115,7.55,10.55, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='INERT'/ Obstruction
&OBST XB=6.91279,46.3785,3.12952,23.2055,10.55,10.55, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='INERT'/ Obstruction
&OBST XB=0.128986,57.629,26.7615,27.0115,2.8,7.3, SURF_ID='betongvägg'/ Obstruction
&OBST XB=2.37899,2.62899,1.51152,4.01152,2.8,7.3, SURF_ID='betongvägg'/ Obstruction
&OBST XB=2.37899,2.62899,4.26152,8.51152,2.8,7.3, SURF_ID='betongvägg'/ Obstruction
&OBST XB=2.37899,2.62899,8.76152,10.0115,2.8,7.3, SURF_ID='betongvägg'/ Obstruction
&OBST XB=2.37899,2.62899,13.5115,17.7615,2.8,7.3, SURF_ID='betongvägg'/ Obstruction
&OBST XB=2.37899,2.62899,18.0115,20.0115,3.05,7.3, SURF_ID='betongvägg'/ Obstruction
&OBST XB=2.37899,2.62899,20.2615,25.0115,2.8,7.3, SURF_ID='betongvägg'/ Obstruction
&OBST XB=2.37899,4.62899,20.0115,20.2615,2.8,7.3, SURF_ID='betongvägg'/ Obstruction
&OBST XB=2.37899,7.12899,1.26152,1.51152,2.8,7.3, SURF_ID='betongvägg'/ Obstruction
&OBST XB=2.37899,7.12899,4.01152,4.26152,2.8,7.3, SURF_ID='betongvägg'/ Obstruction
&OBST XB=2.37899,7.12899,8.51152,8.76152,2.8,7.3, SURF_ID='betongvägg'/ Obstruction
&OBST XB=2.37899,7.12899,10.0115,10.2615,2.8,7.3, SURF_ID='betongvägg'/ Obstruction
&OBST XB=2.37899,7.12899,13.2615,13.5115,2.8,7.3, SURF_ID='betongvägg'/ Obstruction
&OBST XB=2.37899,7.12899,17.7615,18.0115,2.8,7.3, SURF_ID='betongvägg'/ Obstruction
&OBST XB=2.37899,7.12899,25.0115,25.2615,2.8,7.3, SURF_ID='betongvägg'/ Obstruction
&OBST XB=4.37899,4.62899,18.0115,20.0115,2.8,7.3, SURF_ID='betongvägg'/ Obstruction
&OBST XB=6.87899,7.12899,-0.488477,1.26152,2.8,7.3, SURF_ID='betongvägg'/ Obstruction
&OBST XB=6.87899,7.12899,1.51152,4.01152,2.8,7.3, SURF_ID='betongvägg'/ Obstruction
&OBST XB=6.87899,7.12899,4.26152,8.51152,2.8,7.3, SURF_ID='betongvägg'/ Obstruction
&OBST XB=6.87899,7.12899,8.76152,10.0115,2.8,7.3, SURF_ID='betongvägg'/ Obstruction
&OBST XB=6.86379,7.12899,10.2615,13.2615,2.8,7.3, SURF_ID='betongvägg'/ Obstruction
&OBST XB=6.87899,7.12899,13.5115,17.7615,2.8,7.3, SURF_ID='betongvägg'/ Obstruction
&OBST XB=6.87899,7.12899,18.0115,25.0115,2.8,7.3, SURF_ID='betongvägg'/ Obstruction
&OBST XB=6.87899,7.12899,25.2615,26.7615,2.8,7.3, SURF_ID='betongvägg'/ Obstruction

&OBST XB=46.129,46.379,-0.488477,1.26152,2.8,7.3, RGB=0,153,0, SURF_ID='INERT'/ Obstruction
&OBST XB=46.129,46.379,1.51152,13.2615,2.8,7.3, RGB=0,153,0, SURF_ID='INERT'/ Obstruction
&OBST XB=46.129,46.379,13.5115,15.2615,3.1,7.3, RGB=0,153,0, SURF_ID='INERT'/ Obstruction
&OBST XB=46.129,46.379,15.5115,17.7615,2.8,7.3, RGB=0,153,0, SURF_ID='INERT'/ Obstruction
&OBST XB=46.129,46.379,18.0115,20.0115,2.8,7.3, RGB=0,153,0, SURF_ID='INERT'/ Obstruction
&OBST XB=46.129,46.379,20.2615,22.2615,2.8,7.3, RGB=0,153,0, SURF_ID='INERT'/ Obstruction
&OBST XB=46.129,46.379,22.5115,25.0115,2.8,7.3, RGB=0,153,0, SURF_ID='INERT'/ Obstruction
&OBST XB=46.129,46.379,25.2615,26.7615,2.8,7.3, RGB=0,153,0, SURF_ID='INERT'/ Obstruction
&OBST XB=46.129,50.129,1.26152,1.51152,2.8,7.3, RGB=0,153,0, SURF_ID='INERT'/ Obstruction
&OBST XB=46.129,50.129,13.2615,13.5115,2.8,7.3, RGB=0,153,0, SURF_ID='INERT'/ Obstruction
&OBST XB=46.129,50.129,15.2615,15.5115,2.8,7.3, RGB=0,153,0, SURF_ID='INERT'/ Obstruction
&OBST XB=46.129,50.129,17.7615,18.0115,2.8,7.3, RGB=0,153,0, SURF_ID='INERT'/ Obstruction
&OBST XB=46.129,50.129,20.0115,20.2615,2.8,7.3, RGB=0,153,0, SURF_ID='INERT'/ Obstruction
&OBST XB=46.129,50.379,22.2615,22.5115,2.8,7.3, RGB=0,153,0, SURF_ID='INERT'/ Obstruction
&OBST XB=46.129,50.379,25.0115,25.2615,2.8,7.3, RGB=0,153,0, SURF_ID='INERT'/ Obstruction
&OBST XB=49.879,50.129,1.51152,13.2615,2.8,7.3, SURF_ID='INERT'/ Obstruction
&OBST XB=49.879,50.129,13.5115,15.2615,2.8,7.3, SURF_ID='INERT'/ Obstruction
&OBST XB=49.879,50.129,15.5115,17.7615,2.8,7.3, SURF_ID='INERT'/ Obstruction
&OBST XB=49.879,50.129,18.0115,20.0115,2.8,7.3, SURF_ID='INERT'/ Obstruction
&OBST XB=49.879,50.129,20.2615,22.2615,2.8,7.3, SURF_ID='INERT'/ Obstruction
&OBST XB=50.129,50.379,22.5115,25.0115,2.8,7.3, SURF_ID='INERT'/ Obstruction
&OBST XB=56.129,56.379,21.2615,26.7615,2.8,6.79237, SURF_ID='INERT'/ Obstruction
&OBST XB=56.129,57.629,21.0115,21.2615,2.8,6.79237, SURF_ID='INERT'/ Obstruction
&OBST XB=57.379,57.629,-0.488477,21.0115,2.8,7.3, SURF_ID='INERT'/ Obstruction
&OBST XB=57.379,57.629,21.2615,26.7615,2.8,7.3, SURF_ID='INERT'/ Obstruction
&OBST XB=0.128986,0.378986,-0.488477,26.7615,2.8,7.3, SURF_ID='betongvägg'/ Obstruction
&OBST XB=0.128986,57.629,-0.738477,-0.488477,2.8,7.3, SURF_ID='betongvägg'/ Obstruction
&OBST XB=-5.55112E-17,0.2,17.0,17.8,-5.55112E-17,2.8, SURF_ID='betongvägg'/ Obstruction
&OBST XB=-5.55112E-17,0.2,18.0,27.0,-5.55112E-17,2.8, SURF_ID='betongvägg'/ Obstruction
&OBST XB=0.2,3.6,17.8,18.0,-5.55112E-17,2.8, SURF_ID='betongvägg'/ Obstruction
&OBST XB=2.4,2.6,18.0,22.2,-5.55112E-17,2.8, SURF_ID='betongvägg'/ Obstruction
&OBST XB=2.4,5.6,22.2,22.4,-5.55112E-17,2.8, SURF_ID='betongvägg'/ Obstruction
&OBST XB=3.4,5.6,17.6,17.8,-5.55112E-17,2.8, SURF_ID='betongvägg'/ Obstruction
&OBST XB=5.2,5.6,17.2,17.6,-5.55112E-17,2.8, SURF_ID='betongvägg'/ Obstruction
&OBST XB=5.2,6.0,17.0,17.2,-5.55112E-17,2.8, SURF_ID='betongvägg'/ Obstruction
&OBST XB=5.4,5.6,17.8,22.2,-5.55112E-17,2.8, SURF_ID='betongvägg'/ Obstruction

Brandteknisk riskvärdering av Nässjö sim- och sporthall

&OBST XB=-5.55112E-17,0.2,17.8,18.0,-5.55112E-17,-5.55112E-17, SURF_ID='betongvägg'/ Obstruction
&OBST XB=-5.55112E-17,0.2,17.8,18.0,2.8,2.8, SURF_ID='betongvägg'/ Obstruction
&OBST XB=-5.55112E-17,-5.55112E-17,17.8,18.0,-5.55112E-17,2.8, SURF_ID='betongvägg'/ Obstruction
&OBST XB=21.0,24.3,26.8,27.0,0.0,2.8, SURF_ID='betongvägg'/ Obstruction
&OBST XB=24.1,24.3,23.0,26.8,0.0,2.8, SURF_ID='betongvägg'/ Obstruction
&OBST XB=6.0,21.0,17.0,17.2,0.0,2.8, SURF_ID='betongvägg'/ Obstruction
&OBST XB=6.6,6.8,17.2,26.8,0.0,2.8, SURF_ID='betongvägg'/ Obstruction
&OBST XB=6.6,21.0,26.8,27.0,0.0,2.8, SURF_ID='betongvägg'/ Obstruction
&OBST XB=21.0,24.6,17.0,17.2,0.0,2.8, SURF_ID='betongvägg'/ Obstruction
&OBST XB=24.0,24.2,17.2,19.6,0.0,2.8, SURF_ID='betongvägg'/ Obstruction
&OBST XB=24.0,24.2,19.8,23.0,0.0,2.8, SURF_ID='betongvägg'/ Obstruction
&OBST XB=24.0,24.6,19.6,19.8,0.0,2.8, SURF_ID6='betongvägg','Väggar','Väggar','Väggar','Väggar','Väggar'/ Obstruction
&OBST XB=-5.55112E-17,6.0,17.0,27.0,-0.2,-5.55112E-17, SURF_ID='Golv'/ Golv
&OBST XB=21.0,24.6,23.0,27.0,-0.2,0.0, SURF_ID='Golv'/ Golv
&OBST XB=6.0,21.0,17.0,27.0,-0.2,0.0, SURF_ID='Golv'/ Golv
&OBST XB=21.0,24.6,17.0,23.0,-0.2,0.0, SURF_ID='Golv'/ Golv

&HOLE XB=6.58749,6.83749,18.0252,18.9914,0.0,2.1/ Hole
&HOLE XB=5.13749,5.53749,19.0115,19.9932,0.0,2.1/ Hole
&HOLE XB=6.83039,7.13039,4.43952,5.48852,3.05,5.25/ doorclose1
&HOLE XB=6.86379,7.16379,10.5905,12.9465,3.05,5.25/ doorclose2
&HOLE XB=6.83759,7.13759,20.2625,21.1675,3.05,5.25/ bollrum
&HOLE XB=2.37759,2.67759,18.4185,19.3215,3.05,5.25/ Hole
&HOLE XB=2.37719,2.67719,4.45752,5.36152,3.05,5.25/ Hole
&HOLE XB=6.84039,7.19039,-0.449477,1.28052,5.0,7.2, RGB=204,204,0/ doorclose3
&HOLE XB=6.79039,7.14039,25.2935,26.7225,5.0,7.2, RGB=204,204,0/ doorclose4
&HOLE XB=45.98,46.429,25.2895,26.7525,5.0,7.2, COLOR='INVISIBLE'/ Hole
&HOLE XB=46.1204,46.4704,-0.477477,1.17752,5.0,7.2, COLOR='INVISIBLE'/ Hole
&HOLE XB=49.8004,50.1504,17.9775,19.9835,3.05,5.25, COLOR='INVISIBLE'/ Hole
&HOLE XB=49.8004,50.1504,13.4185,15.1955,3.05,5.25, COLOR='INVISIBLE'/ Hole
&HOLE XB=46.129,46.379,18.2615,19.7615,3.05,5.05, COLOR='INVISIBLE'/ Hole
&HOLE XB=46.129,46.379,13.5115,15.2615,3.05,5.05, COLOR='INVISIBLE'/ Hole
&HOLE XB=51.379,53.879,26.7615,27.0115,2.775,5.05, COLOR='INVISIBLE'/ Hole
&HOLE XB=2.62899,4.37899,18.0115,20.0115,2.7,3.63143/ Hole

&VENT SURF_ID='OPEN', XB=6.0,6.0,17.0,27.0,-1.2,-0.2/ Mesh Vent: MESH [XMAX]

&VENT SURF_ID='OPEN', XB=-1.2,-1.2,17.0,27.0,-1.2,7.8/ Mesh Vent: MESH [XMIN]
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=-1.2,6.0,27.0,27.0,-1.2,7.8/ Mesh Vent: MESH [YMAX]
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=-1.2,6.0,17.0,17.0,-1.2,2.8/ Mesh Vent: MESH [YMIN]
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=-1.2,6.0,17.0,27.0,7.8,7.8/ Mesh Vent: MESH [ZMAX]
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=-1.2,6.0,17.0,27.0,-1.2,-1.2/ Mesh Vent: MESH [ZMIN]
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=58.0,58.0,-1.8,30.2,2.8,7.8/ Mesh Vent: MESH01 [XMAX]
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=46.0,46.0,27.0,30.2,2.8,7.8/ Mesh Vent: MESH01 [XMIN]
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=46.0,58.0,30.2,30.2,2.8,7.8/ Mesh Vent: MESH01 [YMAX]
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=46.0,58.0,-1.8,-1.8,2.8,7.8/ Mesh Vent: MESH01 [YMIN]
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=46.0,58.0,-1.8,30.2,7.8,7.8/ Mesh Vent: MESH01 [ZMAX]
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=46.0,58.0,-1.8,30.2,2.8,2.8/ Mesh Vent: MESH01 [ZMIN]
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=6.0,6.0,-1.8,-1.0,2.8,7.8/ Mesh Vent: MESH02 [XMIN]
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=6.0,46.0,27.0,27.0,2.8,7.8/ Mesh Vent: MESH02 [YMAX]
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=6.0,46.0,-1.8,-1.8,2.8,7.8/ Mesh Vent: MESH02 [YMIN]
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=6.0,46.0,24.0,27.0,7.8,7.8/ Mesh Vent: MESH02 [ZMAX]
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=6.0,46.0,-1.8,2.4,7.8,7.8/ Mesh Vent: MESH02 [ZMAX]
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=6.0,46.0,-1.8,17.0,2.8,2.8/ Mesh Vent: MESH02 [ZMIN]
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=24.6,46.0,17.0,27.0,2.8,2.8/ Mesh Vent: MESH02 [ZMIN]
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=46.0,46.0,2.4,24.0,7.8,11.8/ Mesh Vent: MESH03 [XMAX]
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=6.0,6.0,2.4,24.0,7.8,11.8/ Mesh Vent: MESH03 [XMIN]
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=6.0,46.0,24.0,24.0,7.8,11.8/ Mesh Vent: MESH03 [YMAX]
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=6.0,46.0,2.4,2.4,7.8,11.8/ Mesh Vent: MESH03 [YMIN]
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=6.0,46.0,2.4,24.0,11.8,11.8/ Mesh Vent: MESH03 [ZMAX]
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=-1.2,-1.2,-1.0,17.0,2.8,7.8/ Mesh Vent: MESH04 [XMIN]
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=-1.2,6.0,-1.0,-1.0,2.8,7.8/ Mesh Vent: MESH04 [YMIN]
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=-1.2,6.0,-1.0,17.0,7.8,7.8/ Mesh Vent: MESH04 [ZMAX]
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=-1.2,6.0,-1.0,17.0,2.8,2.8/ Mesh Vent: MESH04 [ZMIN]
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=24.6,24.6,23.0,28.0,-0.2,2.8/ Mesh Vent: MESH05 [XMAX]
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=21.0,21.0,27.0,28.0,-0.2,2.8/ Mesh Vent: MESH05 [XMIN]
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=21.0,24.6,28.0,28.0,-0.2,2.8/ Mesh Vent: MESH05 [YMAX]
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=21.0,24.6,27.0,28.0,2.8,2.8/ Mesh Vent: MESH05 [ZMAX]
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=21.0,24.6,23.0,28.0,-0.2,-0.2/ Mesh Vent: MESH05 [ZMIN]
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=6.0,21.0,27.0,27.0,-0.2,2.8/ Mesh Vent: MESH06 [YMAX]
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=6.0,21.0,17.0,17.0,-0.2,2.8/ Mesh Vent: MESH06 [YMIN]
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=6.0,21.0,17.0,27.0,-0.2,-0.2/ Mesh Vent: MESH06 [ZMIN]
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=24.6,24.6,17.0,23.0,-0.2,2.8/ Mesh Vent: MESH07 [XMAX]

&VENT SURF_ID='OPEN', XB=21.0,24.6,17.0,17.0,-0.2,2.8/ Mesh Vent: MESH07 [YMIN]

&VENT SURF_ID='OPEN', XB=21.0,24.6,17.0,23.0,-0.2,-0.2/ Mesh Vent: MESH07 [ZMIN]

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', VECTOR=.TRUE., PBX=25.5/

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', VECTOR=.TRUE., PBX=23.1622/

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', VECTOR=.TRUE., PBX=19.9354/

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', VECTOR=.TRUE., PBX=2.37759/

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', VECTOR=.TRUE., PBX=20.0115/

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', VECTOR=.TRUE., PBX=6.79039/

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', VECTOR=.TRUE., PBX=1.90567/

&SLCF QUANTITY='TURBULENCE RESOLUTION', PBX=23.1622/

&SLCF QUANTITY='TURBULENCE RESOLUTION', PBX=25.5/

&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBZ=4.65/

&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBZ=6.6/

&SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='AIR', PBX=5.0/

&SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN', PBX=19.1207/

&SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', PBX=10.0/

&SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', PBX=28.0/

&SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', PBX=8.1427/

&SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', PBZ=4.65/

&SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', PBZ=4.65/

&SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', PBZ=6.6/

&SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', PBZ=6.6/

&TAIL /