

Brandteknisk riskvärdering av Sollentuna centrum



LUNDS UNIVERSITET
Lunds Tekniska Högskola

**Emma Dahlstrand
Anders Egilsson
Oskar Jansson
Tomas Ringdén**

**Brandteknik
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Lund 2011**

Brandteknisk riskvärdering av **Sollentuna centrum**

Emma Dahlstrand

Anders Egilsson

Oskar Jansson

Tomas Ringdén

Lund 2011

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

Avdelningen för brandteknik och riskhantering

Lunds tekniska högskola

Lunds universitet

Box 118

221 00 Lund

Telefon: 046-222 73 00

Hemsida: www.brand.lth.se

E-postadress: brand@brand.lth.se

Department of Fire Safety Engineering and Systems Safety

Faculty of Engineering, LTH

Lund University

P.O. Box 118

SE-221 00 Lund

Sweden

Telephone: +46 46-222 73 00

Website: www.brand.lth.se

E-mail: brand@brand.lth.se

Rapport/Report:

9391

Titel/Title:

Brandteknisk riskvärdering av Sollentuna centrum

Fire Safety Evaluation of Sollentuna centrum

Författare/Authors

Emma Dahlstrand

Anders Egilsson

Oskar Jansson

Tomas Ringdén

Brandingenjörsprogrammet, Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, 2011

Fire Safety Engineering Program, Faculty of Engineering, LTH, 2011

©Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, 2011

Omslagsfoto/Cover photo:

Tomas Ringdén

Abstract

This report is written as a part of the course Fire Safety Evaluation at Lund University. The purpose of the report is to evaluate the fire safety of Sollentuna centrum. Sollentuna centrum is a mall north of Stockholm that has 18 000 to 19 000 customers per day. The focus is mainly on evacuation and human safety. Other aspects, such as structural stability and property damage, have not been evaluated. This report only evaluates the public area in which stores, restaurants and coffee shops are located. The whole area is situated within the same fire cell. Other fire cells, such as the car park, have been excluded in the evaluation. Three different scenarios have been identified and quantified using computer programs and hand calculations. From the evaluation of the results a number of ways to improve human safety have been identified and presented in the report.

Nyckelord

Brandteknisk riskvärdering, Sollentuna centrum, brand, effektutveckling, CFD, kritiska förhållanden, utrymning, personsäkerhet, Simulex, Detact QS, @Risk.

Keywords

Fire Safety Evaluation, Sollentuna centrum, fire, heat release rate, CFD, critical conditions, evacuation, human safety, Simulex, Detact QS, @Risk.

Språk/Language

Svenska/Swedish

Förord

Författarna vill tacka de personer som hjälpt oss under arbetets gång. Ni har bidragit med stöd, bra idéer och väsentlig information till rapporten.

Håkan Frantzich	Handledare, avdelningen för Brandteknik och Riskhantering, LTH
Nina Eriksson	Brandingenjör, Brandkåren Attunda
Jan Elieson	Brandinspektör, Brandkåren Attunda
Jonathan Wahlqvist	Doktorand, avdelningen för Brandteknik och Riskhantering, LTH
Robert Jönsson	Universitetslektor, avdelningen för Brandteknik och Riskhantering, LTH
Axel Jönsson	Projektassistent, avdelningen för Brandteknik och Riskhantering, LTH
Sven-Ingvar Granemark	Forskningsingenjör, avdelningen för Brandteknik och Riskhantering, LTH
Johan Jönsson	Forskare, avdelningen för Konstruktionsteknik, LTH

Nomenklaturlista

A	Area [m ²]
a	Halva flammans bredd [m]
α	Tillväxtfaktor [kW/s ²]
b	Halva flammans höjd [m]
c	Avstånd till flamman [m]
D	Brandens diameter [m]
ϵ	Emissivitet [-]
F	Synfaktor [-]
H	Takhöjd [m]
H_D	Höjd till brandgaslager [m]
ΔH_c	Förbränningsentalpi [MJ/kg]
ΔH_{CO_2}	Förbränningsentalpi per massenhet syre [MJ/kg]
L	Flamhöjd [m]
m_e	Massflöde ut [kg/s]
$m_{f_{soot}}$	Sotproduktion [kg/kg]
$m_{f_{CO}}$	Koloxidproduktion [kg/kg]
m_p	Plymflöde [kg/s]
ρ	Densitet [kg/m ³]
Q	Effekt [kW]
Q_A	Effektutveckling per Areaenhet [kW/m ²]
RTI	Response Time Index [[m/s] ^{1/2}]
T	Temperatur [°C]
t	Tid [s]
$t_{marginal}$	Säkerhetsmarginal [s]
t_{krit}	Tid till kritiska förhållanden [s]
t_{varse}	Varseblivningstid [s]
$t_{förberedelse}$	Förberedelsetid [s]
t_{flytt}	Förflyttningstid [s]
χ_m	Massfraktion syre [-]

Sammanfattning

Denna rapport är en del av kursen Brandteknisk riskvärdering vid Lunds Tekniska Högskola. Rapporten syftar till att utvärdera Sollentuna centrum med avseende på brandskydd och personsäkerhet.

Sollentuna centrum anses av författarna till den här rapporten i dagsläget ha ett tillfredsställande brandskydd. Ett antal åtgärdsförslag har dock tagits fram som bör genomföras för att ytterligare förbättra brandskyddet. Dessa är:

- Uppdatera det systematiska brandskyddsarbetet. Klargöra vilket ansvar butikägarna själva har och se över regelbundet huruvida ansvaret upprätthålls.
- Dörrar till utrymningsvägarna bör göras möjliga att ställa upp på magnetupphängning vid behov. Dörrarna ska sedan stängas automatiskt vid brandlarm.
- Ta bort lappar om att nödhandtag inte får användas.

Sollentuna centrum är ett köpcentrum strax norr om Stockholm. Köpcentret har 18 000 – 19 000 besökare per dag och butiks- samt andra gemensamma ytor uppgår till cirka 60 000 m². Köpcentret har nyligen renoverats och Brandkåren Attunda, som har köpcentret inom sitt verksamhetsområde, vill veta hur säkert köpcentret är ur brandteknisk synpunkt. Rapporten har avgränsats till att i huvudsak behandla de ytor dit allmänheten har tillträde till utom parkeringsgaraget. Även köpcentrets utrymningsvägar ingår i rapporten.

I arbetet med rapporten har ett studiebesök på objektet genomförts. Ett antal brandscenarier identifierades i en grovanalys varav tre ansågs vara lämpliga att arbeta vidare med. De analyserades med hjälp av handberäkningar och simuleringar i framför allt FDS och Simulex. Utifrån simuleringarnas resultat har det konstaterats att sannolikheten är låg för att någon människa utsätts för kritiska förhållanden vid brand. Sollentuna centrum kan därför anses ha en tillfredsställande brandsäkerhet med avseende på personskador.

Innehållsförteckning

1. Inledning.....	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte.....	1
1.3 Mål.....	1
1.4 Metod	1
2. Objektsbeskrivning	5
2.1 Historik	5
2.2 Byggnaden	5
2.2.1 Plan 1 (markplan)	6
2.2.2 Plan 2	8
2.2.3 Plan 3	9
2.2.4 Plan 4	10
2.2.5 Plan 5	11
2.3 Verksamhetsbeskrivning	12
3. Befintligt brandskydd	13
3.1 Aktiva system.....	13
3.1.1 Brand- och utrymningslarm.....	13
3.1.2 Sprinklersystem	13
3.1.3 Kommunal räddningstjänst	14
3.1.4 Mekanisk brandgasventilation	14
3.1.5 Brandgasventilation med självdrag	15
3.1.6 Släckutrustning.....	16
3.1.7 Övriga släcksystem	16
3.2 Passiva system.....	16
3.2.1 Utrymningsvägar och skyltar	16
3.3 Systematiskt brandskyddsarbete	18
4. Faroidentifiering.....	19
4.1 Insatsstatistik.....	19
4.1.1 Tidigare incidenter	19
4.2 Faroidentifiering vid brand.....	19
4.3 Faror i verksamheten	20
4.4 Speciella evenemang.....	20
5 Skyddsmål.....	23
	XI

5.1 Utrymningsmodell.....	23
5.2 Kritiska förhållanden	23
5.2.1 CFD.....	24
5.3 Utrymningsprocessen.....	25
5.3.1 Varseblivningstid	25
5.3.2 Förberedelsetid	25
5.3.3 Förflyttningstid	27
6. Identifiering av brandscenarier	29
6.1 Grovanalys.....	29
6.1.1 Brandscenario A – Brand i bod i nära entrén i södra korridoren	29
6.1.2 Brandscenario B – Brand i butik	30
6.1.3 Brandscenario C – Brand i butik med två våningar	31
6.1.4 Brandscenario D – Brand på ICA Kvantum	31
6.1.5 Brandscenario E – Brand i butikslager.....	32
6.1.6 Brandscenario F – Brand i kök.....	32
6.1.7 Brandscenario G – Gasexplosion.....	33
6.1.8 Brandscenario H – Brand i elcentral.....	33
6.1.9 Brandscenario I – Brand i Oasen	34
6.2 Riskmatris	35
6.3 Händelsetråd	36
7. Val av scenarier	37
7.1 Förutsättningar för brandscenarier.....	38
7.1.1 Gemensamma förutsättningar för initialt brandförlopp.....	38
7.1.2 Gemensamma förutsättningar för utrymning.....	39
7.2 Brandscenario 1 – Brand i butik vid södra entrén.....	40
7.2.1 Brand i brandscenario 1	40
7.2.2 Utrymning i brandscenario 1.....	41
7.3 Brandscenario 2 – Brand i butik med två våningsplan	41
7.3.1 Brand i brandscenario 2	42
7.3.2 Utrymning i brandscenario 2.....	43
7.4 Brandscenario 3 – Brand i butik med två våningsplan utan sprinkleraktivering.....	43
7.4.1 Brand i brandscenario 3	43
7.4.2 Utrymning i brandscenario 3.....	44
7.5 Diskussion om val av brandscenarier	44

8. Simuleringar	45
8.1 Brandsimuleringar	45
8.1.1 Antaganden i FDS	45
8.1.2 Brandscenario 1 – Brand i butik vid södra entrén	45
8.1.3 Brandscenario 2 - Brand i butik med två våningar	47
8.1.4 Brandscenario 3 – Brand i butik med två våningar utan sprinkleraktivering	49
8.2 Utrymningssimuleringar	54
8.2.1 Indata för Simulex-simuleringar	54
8.2.2 Summering av Simulex-simuleringar	55
8.2.3 Sammanfattning av utrymningssimuleringar	59
8.2.3.1 Scenario 1	59
8.2.4 Diskussion om utrymningssimuleringar	61
9. Riskbedömning	63
9.1 Brandscenario 1	63
9.2 Brandscenario 3	64
9.3 Slutsats av riskbedömning	65
10. Känslighetsanalys	67
10.1 Utrymning	67
10.2 Rökproduktion	68
11. Åtgärdsförslag	69
11.1 Följande åtgärder bör genomföras	69
11.1.1 Översyn av det systematiska brandskyddsarbetet (SBA)	69
11.1.2 Utbilda personal i brand och säkerhet	69
11.1.3 Branddörrar	70
11.2 Följande åtgärder kan genomföra	70
11.2.1 Bättre utbildning av vakter	70
11.2.2 Brandsläckare	71
11.2.3 Larmknappar	71
11.2.4 Tydligare skyltning	71
Källförteckning	75
Bilaga A - Planritningar	78
Bilaga B – Simuleringar i FDS	86
Bilaga C – Utrymningsberäkningar	101
Handberäkning av utrymningstider	101

Simuleringar i Simulex	102
Bilaga D - Simulering i @Risk	129
Bilaga E - Enkätundersökning	133
Bilaga F – Simulering i Detact QS.....	135
Bilaga G. Beräkning av ventilationskontrollerad brand.....	137
Bilaga H - Strålningsberäkning.....	139
Bilaga I - Diskussion kring införande av <i>ska</i> åtgärdsförslag.....	141
Bilaga J – Scriptfil från FDS	143

1. Inledning

Denna rapport behandlar brandsäkerheten på Sollentuna centrum. I första hand avser denna rapport att bedöma om personsäkerheten anses tillräcklig och att säker utrymning kan ske.

1.1 Bakgrund

Rapporten är en del av kursen Brandteknisk riskvärdering VBR054 som ges vid avdelningen för Brandteknik och Riskhantering vid Lunds Tekniska Högskola.

1.2 Syfte

Syftet med rapporten är att utvärdera brandsäkerheten vid Sollentuna centrum och om så behövs ge förslag på förbättrande åtgärder. Utvärderingen sker i form av en brandteknisk riskvärdering.

Då rapporten är en del i kursen Brandteknisk riskvärdering är syftet även att öva författarna i att använda diverse simuleringsmodeller, problemlösningsmetodik, kritiskt granskande samt allmänna ingenjörsfärdigheter.

1.3 Mål

Målet med rapporten är att utvärdera om brandsäkerheten i Sollentuna centrum är tillfredställande med avseende på person- och utrymningssäkerhet. Om brister upptäcks ska förslag på åtgärder ges. För de åtgärdsförslag som ges finns ingen begränsande budget men åtgärderna ska vara rimliga ur såväl ekonomisk som praktisk synvinkel. Om ett åtgärdsförslag ges ska det verifieras att det leder till en ökad säkerhet i byggnaden.

1.4 Metod

Rapporten inleddes med ett platsbesök för att få en klar bild av hur objektet ser ut. Tillsammans med räddningstjänst och personal på plats kunde risker i objektet identifieras. En enkät delades också ut under platsbesöket till anställda i byggnaden. Den syftade till att ge en fingervisning om vad de anställda har för kunskaper om brand och säkerhet samt om de har fått en roll tilldelad sig vid en utrymningssituation.

Arbetsgången som följs i rapporten illustreras i figur 1. Inledningsvis görs en sammanställning av objektet med dess verksamhet och vilka risker som följer. Även det nuvarande brandskyddet och det systematiska brandskyddsarbetet går igenom. Det sätts även upp vilka mål som ska gälla för att säker utrymning ska kunna ske. En grovanalys av objektet följer där ett större antal möjliga brandscenarier tas fram. Dessa brandscenarier beskrivs därefter kvalitativt med avseende på sannolikhet och konsekvens.

Utifrån denna bedömning kan en mindre och mer lätthanterlig mängd brandscenarier tas fram. Dessa brandscenarier ska på bästa sätt beskriva de värsta troliga brandscenarierna i verksamheten. De utvalda scenarierna kvantifieras med hjälp av en djupare utrymningsanalys vid scenariernas brandförlopp.

Med hjälp av analyserna bedöms risken och säkerhetsnivån i Sollentuna centrum. En känslighetsanalys görs som en del i att validera resultaten. Anses en tillfredställande utrymning

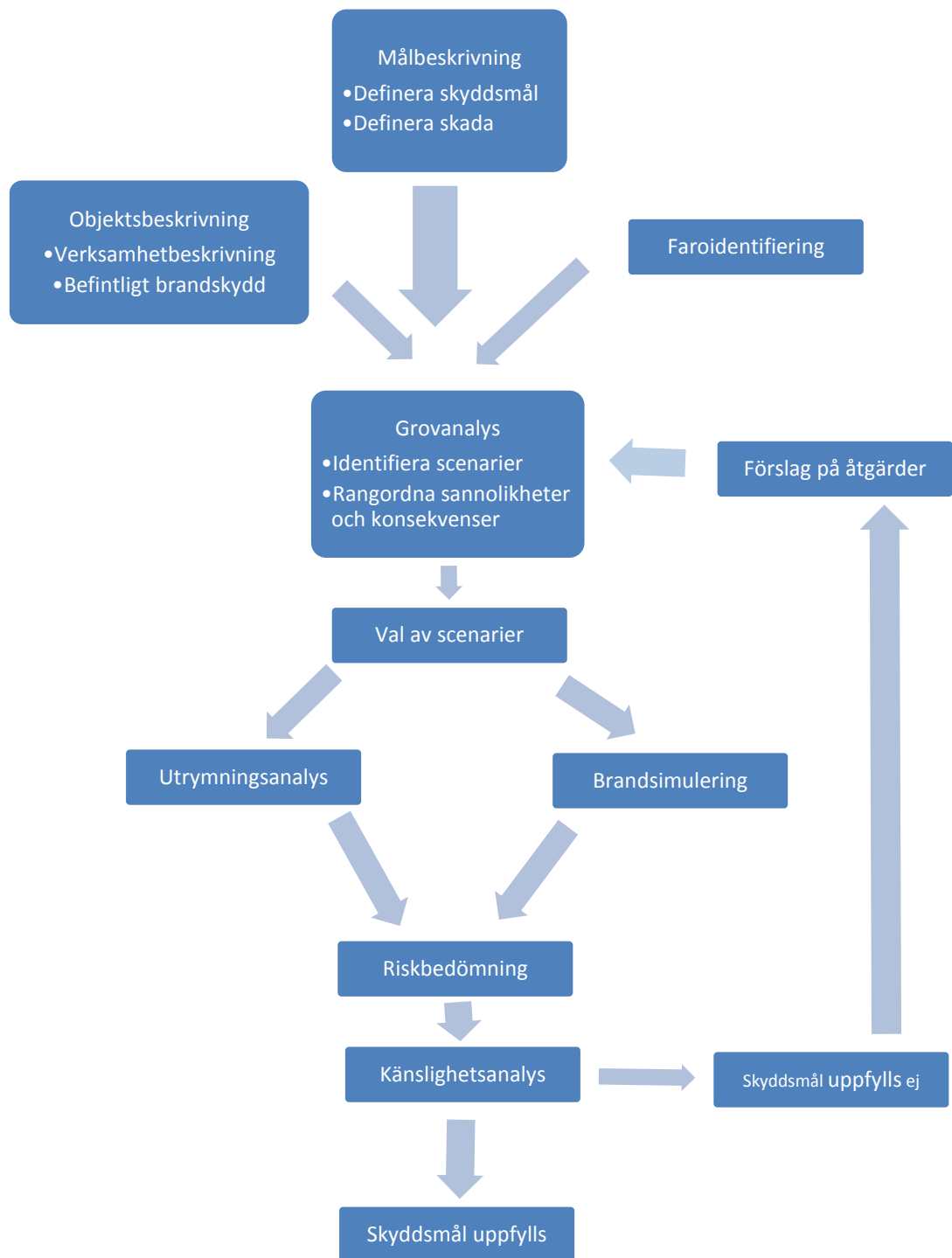
kunna ske innan kritiska förhållanden uppstår är brandskyddet också godkänt. Är så inte fallet föreslås ett antal säkerhetshöjande åtgärder och därefter börjar arbetsgången om enligt flödesschemat i figur 1.

Genomgående i rapporten görs en stor mängd antaganden som baseras på statistik och bedömningar. Dessa osäkerheter kan delas upp i kunskapsosäkerheter och naturliga variationer. Kunskapsosäkerheter finns till exempel inbyggda i de beräkningsmetoder som används i de program som har använts och dels i rapportförfattarnas kunskaper om programmen. För att minska dessa osäkerheter jämförs beräkningarna med en annan beräkningsmetod.

Osäkerheter i form av naturliga variationer skiljer sig från kunskapsosäkerheter på så sätt att de inte kan minskas. Ett exempel på en naturlig variation är antalet besökare i köpcentret. I denna rapport används en form av scenarioanalys för att hantera båda typerna av osäkerheter. I scenarioanalysen används ett värsta troligt scenario som sedan utvärderas med en känslighetsanalys.

En särskild diskussion kring osäkerheterna, som naturligt uppstår i arbetsprocessens olika delar, förs i efterhand.

När utvärderingen av den brandtekniska risken är färdig och säkerhetsnivån väl klarlagd granskas den av ett externt brandkonsultföretag samt av en annan grupp studenter som läser kursen. Arbetet ska i slutet av kursen presenteras vid ett föredrag, varefter det opponeras på av granskarna. Efter granskningen korrigeras rapporten för de synpunkter som har uppkommit av opponeringen. På samma sätt får författarna granska och opponera på en rapport gjord av en annan grupp i kursen.



Figur 1. Flödesschema för arbetsprocessen.

1.5 Avgränsningar

I denna rapport tas främst hänsyn till personsäkerhet med avseende på brand- och utrymningssäkerhet. I rapporten beaktas ekonomiska och miljömässiga skador endast översiktligt.

Riskvärderingen av Sollentuna centrum begränsas till specifika ytor. I rapporten ingår inte garaget med dess parkeringsytor och tillhörande ramper, källarplanet samt lastbryggorna i markplan. Inte heller utrymmet med kylmaskinen som servar ICA-butiken tas med i rapporten.

Ett viktigt antagande som görs i rapporten är att byggnaden inte kommer kollapsa innan dess att utrymning hunnit ske.

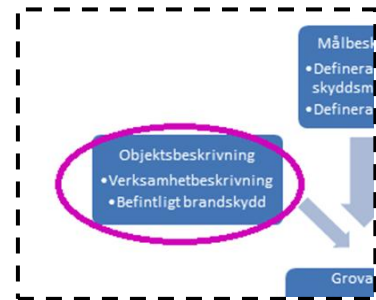
I rapporten beaktas inte sannolikheter för huruvida de olika tekniska systemen kan tänkas falla. I rapporten utförs istället beräkningar på ett fall då sprinklersystemet är ur funktion. Det utförs heller inga beräkningar på fall då brand- samt utrymningslarm och brandgasventilation inte fungerar. Tillförlitligheten av de olika systemen utreds inte i rapporten.

2. Objektsbeskrivning

Nedan beskrivs Sollentuna centrum och dess verksamhet närmare.

2.1 Historik

Sollentunas centrum invigdes 1976. Trettio år senare köpte fastighetsbolaget Steen & Ström upp köpcentret. Genast påbörjades planeringen för en omfattande renovering och utbyggnad av köpcentret. (Steen & Ström Sverige AB)



Moderniseringen påbörjades 2008 och nya Sollentuna centrum stod klart i början av 2010. Ombyggnaden skedde i etapper där de delar som inte stod under ombyggnation var öppna. Det ställde stora krav på brandskyddsdokumentationen som kontinuerligt uppdaterades. Uppdateringarna skedde i nära samarbete med Brandkåren Attunda. Idag är Sollentuna centrum ett modernt köpcentrum.



Figur 2. Norra hörnet av Sollentuna centrum år 2011.

2.2 Byggnaden

Byggnaden har en total golvvarea på cirka 60 000 m² och består av fem våningsplan samt ett källarplan. Den uthyrningsbara ytan för butiker och liknande uppgår till ungefär 33 000 m². Källarplanet är endast utgrävt med plats för sprinklercentral, ställverk, skyddsrum och ett mindre lager. I södra delen av byggnaden finns ett stort parkeringsgarage som sträcker sig över fyra våningsplan och rymmer ungefär 1 500 bilar. I byggnaden finns även ett atrium som inhyser en food court, kallad Oasen, på plan 1. Gallerian med butiker återfinns på plan 1 och plan 2.

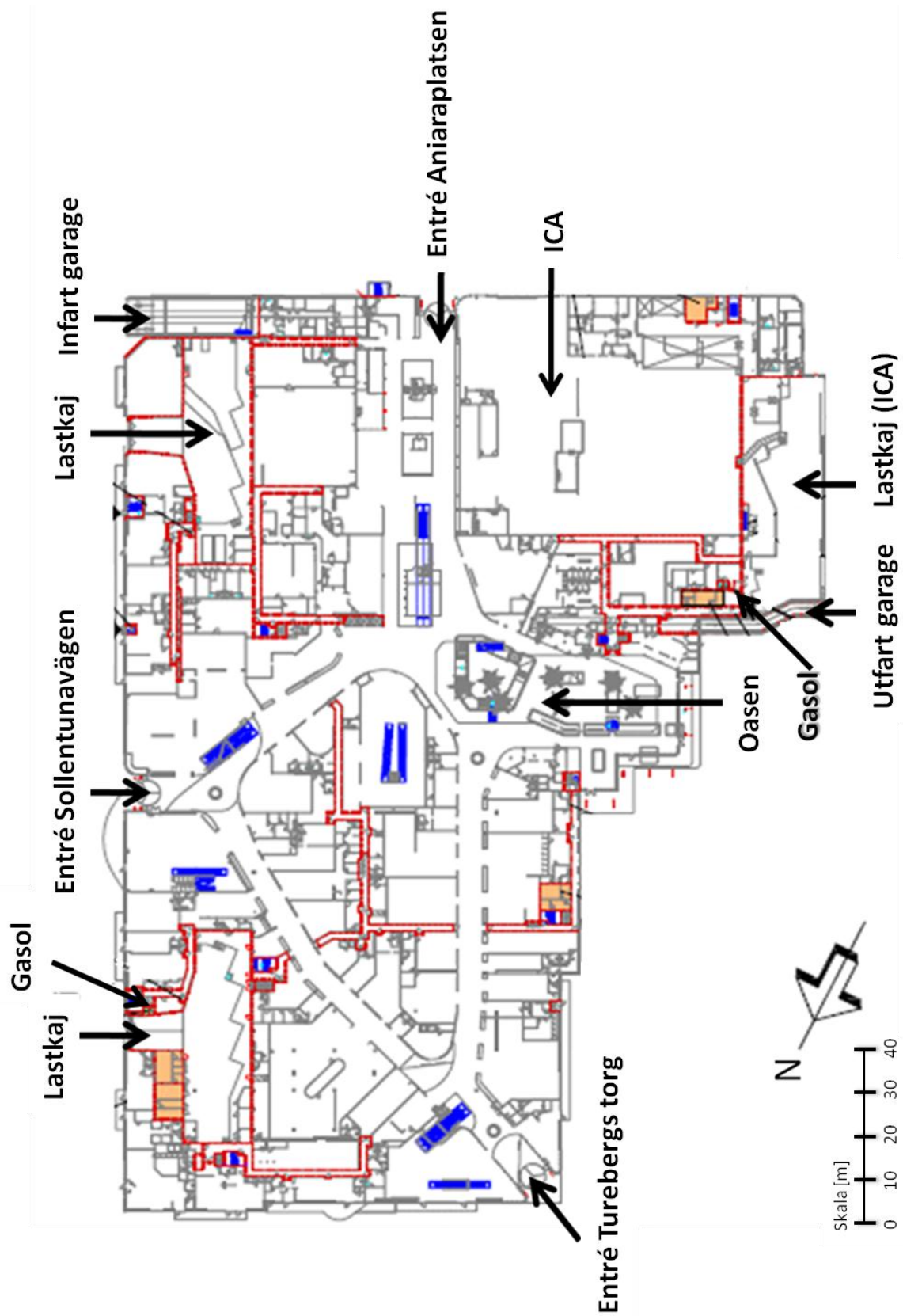
2.2.1 Plan 1 (markplan)

Det första butiksplanet finns beläget på markplan. På detta plan finns de tre huvudentréerna, lastkajer samt upp- och nerfarter till parkeringsgaraget. Butikerna är till största del belägna vid de tre huvudgångarna. Huvudgångarna mäter mellan 5 och 6 meter i bredd och 3,6 m från golv till undertak. En större ICA-butik finns också belägen vid entrén mot Aniaraplatsen.

Alla restauranger med egen tillagning av mat är koncentrerade till Oasen på detta plan. Samtliga butiker och restauranger på plan 1 har bakre utrymningsvägar.

Gasolflaskor förvaras på två ställen i plan 1. Ett förvaringsutrymme ligger vid den nordöstra lastkajen och ett vid utfarten från garaget bredvid ICA-butiken.

En ritning över markplan finns i figur 3.



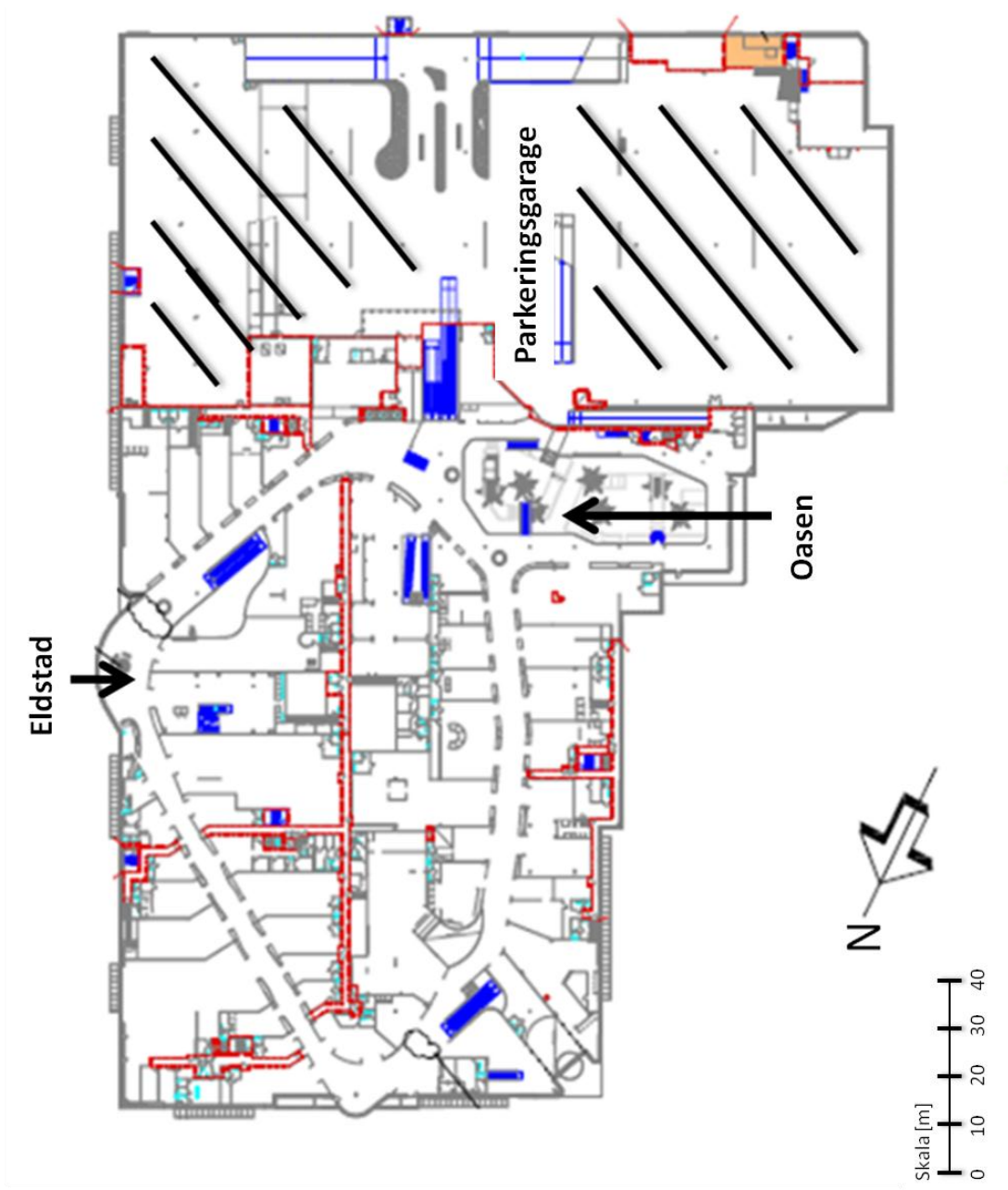
Figur 3. Principritning över plan 1. De tjocka röda linjerna beskriver brandcellsgränserna. *Originalbild: Brandkåren Attundas planritning för Sollentuna centrum, redigerad av Emma Dahlsrand 2011-05-20.*

2.2.2 Plan 2

På plan 2 finns det övre butiksplanet samt det understa parkeringsplanet. I anslutning till ett café finns en eldstad med gasol som bränsle, se figur 4.

Butikerna är även här koncentrerade runt de tre huvudgångarna. Huvudgångarna mäter mellan 5 och 6 meter i bredd och 3,6 m från golv till undertak. I övrigt består våningsplanet till största delen av parkeringsgaraget. Även på detta våningsplan har butikerna bakre korridorer som utrymningsvägar.

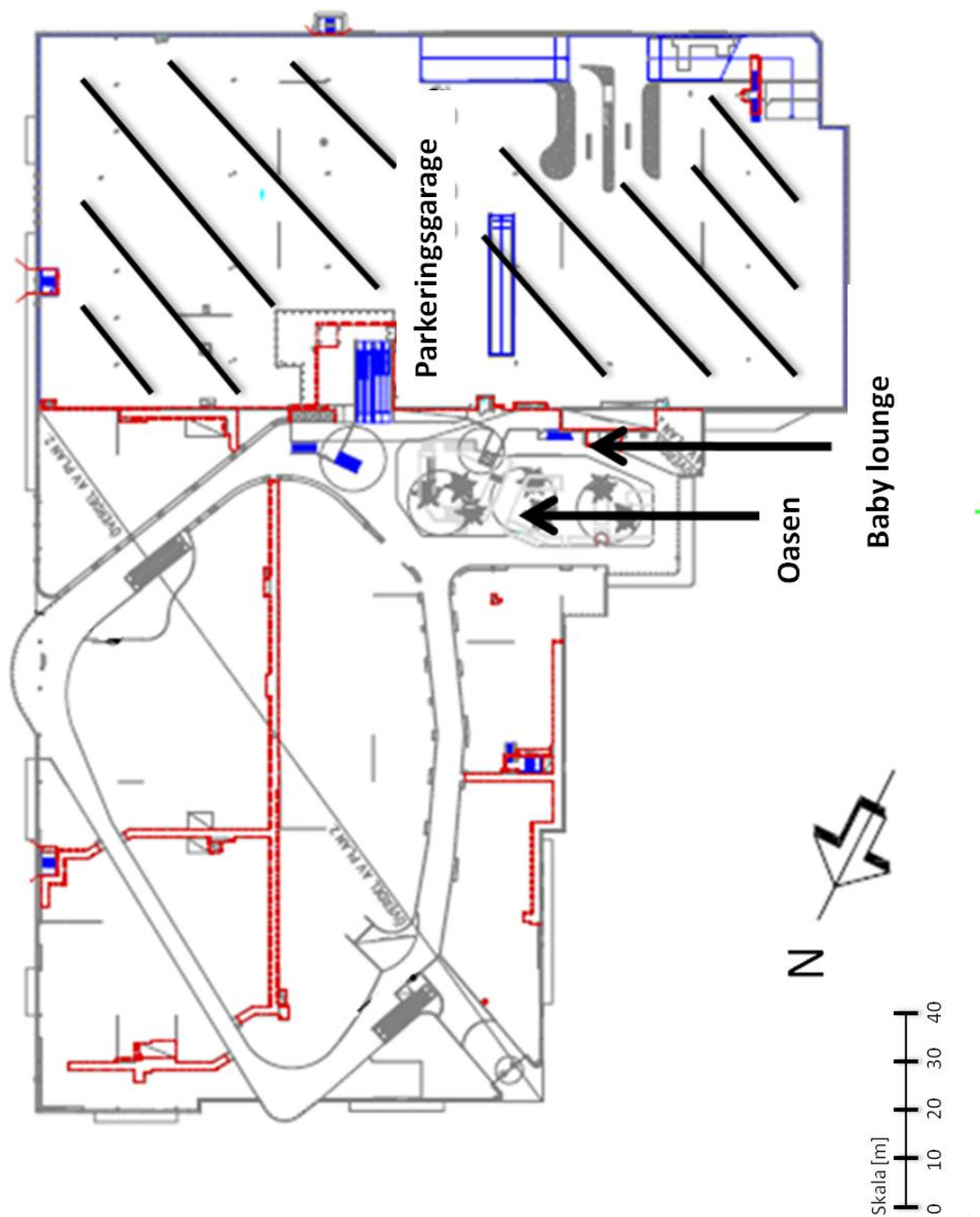
I södra delen av parkeringsgaraget, ovanför ICA-butiken, finns en kylmaskin innehållande propan.



Figur 4. Principritning över plan 2. Brandcellsgränserna är markerade i rött. *Originalbild: Brandkåren Attundas planritning för Sollentuna centrum, redigerad av Emma Dahlsrand 2011-05-20.*

2.2.3 Plan 3

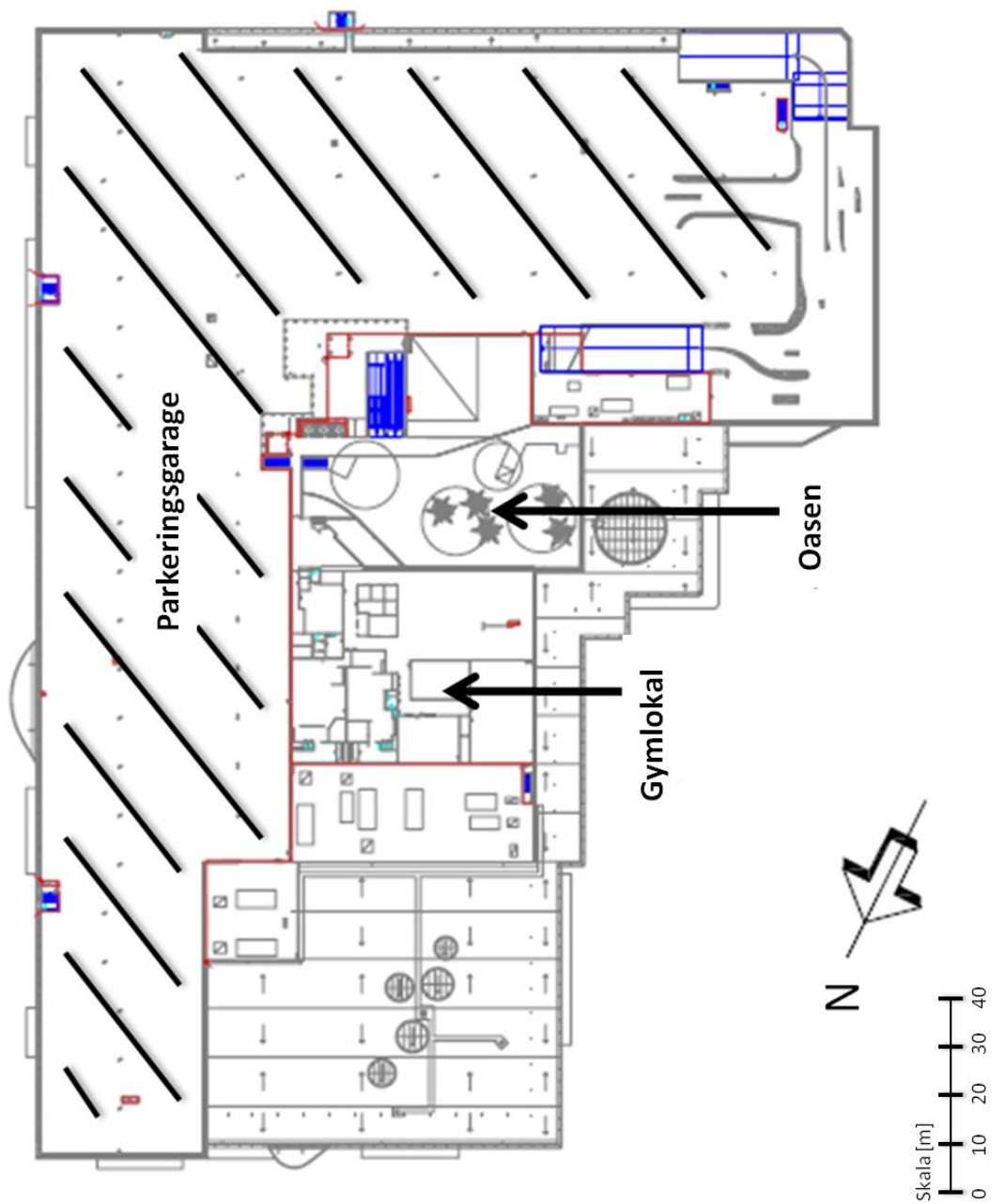
Detta våningsplan befinner sig en halvtrappa upp från plan 2. Det som finns på detta plan är korridorer längs med Oasen där det finns en baby lounge samt en utgång till parkeringsgaraget.



Figur 5. Principritning över plan 3. Brandcellsgränserna är markerade i rött. *Originalbild: Brandkåren Attundas planritning för Sollentuna centrum, redigerad av Emma Dahlsrand 2011-05-20.*

2.2.4 Plan 4

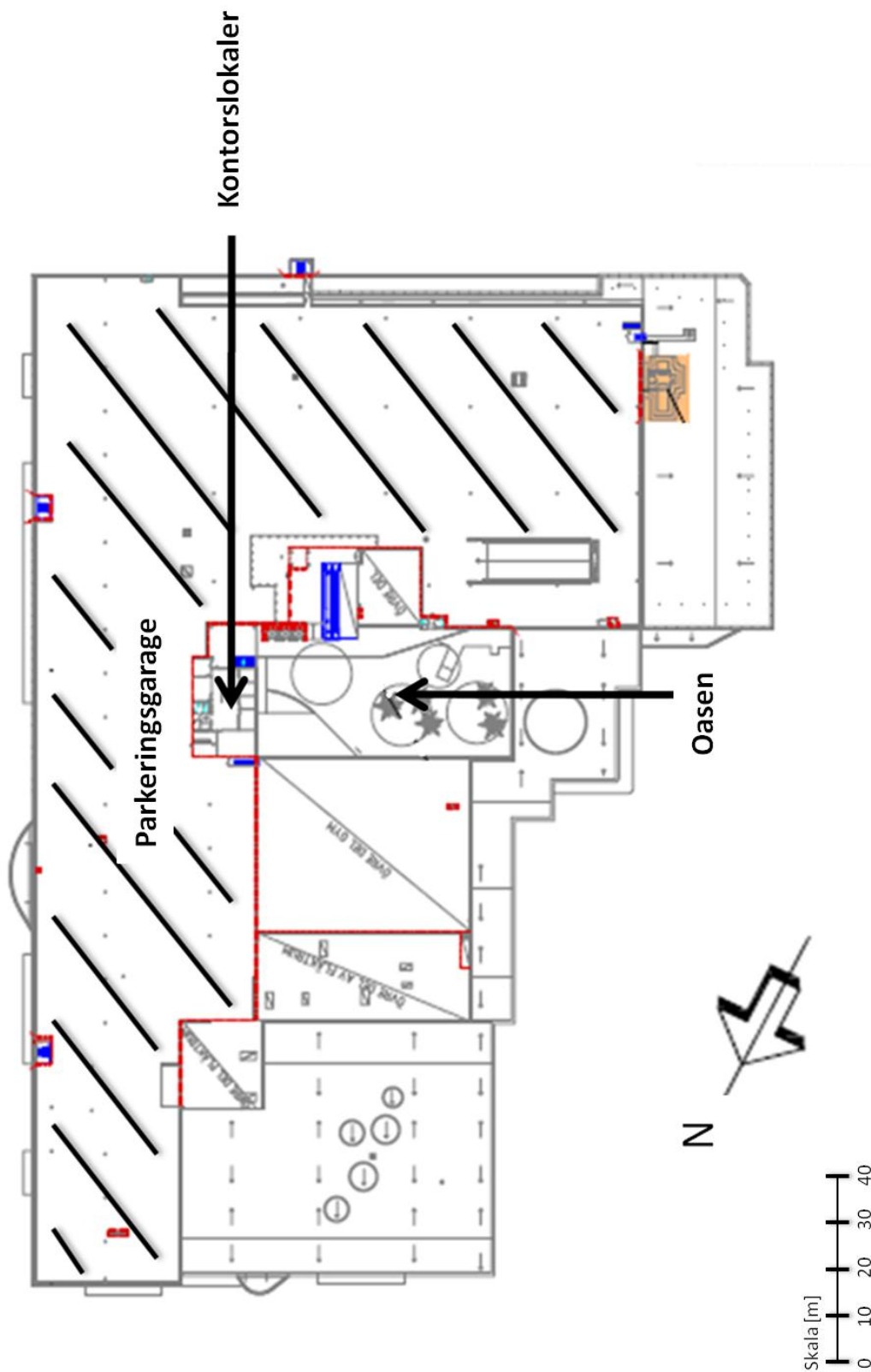
På plan 4 finns en gymlokal beläget vid Oasen. Det finns också två fläktrum på detta våningsplan. Parkeringsgaraget sträcker ut sig över en större yta och täcker därmed stora delar av våningsplanet.



Figur 6. Principritning över plan 4. Brandcellsgränserna är markerade i rött. *Originalbild: Brandkåren Attundas planritning för Sollentuna centrum, redigerad av Emma Dahlsrand 2011-05-20.*

2.2.5 Plan 5

På plan 5 finns kontorslokaler som används av fastighetsbolaget. Överdelen av fläktrummen, en kylanläggning för ICA samt parkeringsgaraget översta plan finns också på detta våningsplan.



Figur 7. Principritning över plan 5. Brandcellsgränser är markerade i rött. *Originalbild: Brandkåren Attundas planritning för Sollentuna centrum, redigerad av Emma Dahlsrand 2011-05-20.*

2.3 Verksamhetsbeskrivning

Köpcentret består av ett flertal butiker som i regel befinner sig på ett våningsplan. Tre butikslokaler är dock genomgående och sträcker sig både genom plan 1 och plan 2. Utöver detta finns ett flertal restauranger samlade vid Oasen. All tillagning av mat är koncentrerad till denna del av köpcentret.

Större delen av köpcentret har i regel öppettider mellan 10-20 på vardagar och 10-18 på helger. På markplan finns en större ICA-butik och på plan 4 finns ett gym. Gymmet och ICA har längre öppettider än övriga köpcentret. Alla entrédörrar har öppet mellan 06-22 vilket motsvarar de tider som det bedrivs verksamhet i byggnaden.

Under en normal dag har köpcentret 18 000 – 19 000 besökare. Under rusningstider som till exempel innan jul har köpcentret 23 000 – 25 000 besökare per dag.¹

¹ Fastighetsägare via brandinspektör Jan Elieson, Brandkåren Attunda, Samtal 2011-02-04.

3. Befintligt brandskydd

En byggnad som har mer än tre våningsplan och som har en samlingslokal på andra våningen eller högre upp ska uppfylla brandteknisk klass Br 1. Då detta gäller för Sollentuna centrum innebär det att byggnaden ska vara uppförd enligt denna klass.

3.1 Aktiva system

Sollentuna centrum har ett omfattande tekniskt brandskydd. Dess olika delar beskrivs nedan.

3.1.1 Brand- och utrymningslarm

Brandlarmet är ett tvådetektorsberoende adresserbart system med automatisk larmöverföring till SOS Alarm. Brandförsvarstablåer finns placerade på två ställen i byggnaden, se placering i figur 10. Detektortypen som används i köpcentret är optisk punktdetektor. Vid utrymnen där gasol förvaras eller används finns också gasdetektorer installerade för att upptäcka gasläckage.

Ett antal manuella larmknappar finns utplacerade på platser som inte är tillgängliga för allmänheten. De är till exempel placerade i lagerutrymnen och bakre personalutrymnen för att undvika okynnesanvändning av larmet.



Figur 8. Blyxtlampa med rött sken som aktiverar vid utrymningslarm.

Utrymningslarmet i köpcentret är ett informativt talat meddelande på svenska och engelska. Det finns även ett fåtal blyxtlampor med rött sken utplacerade i köpcentret.

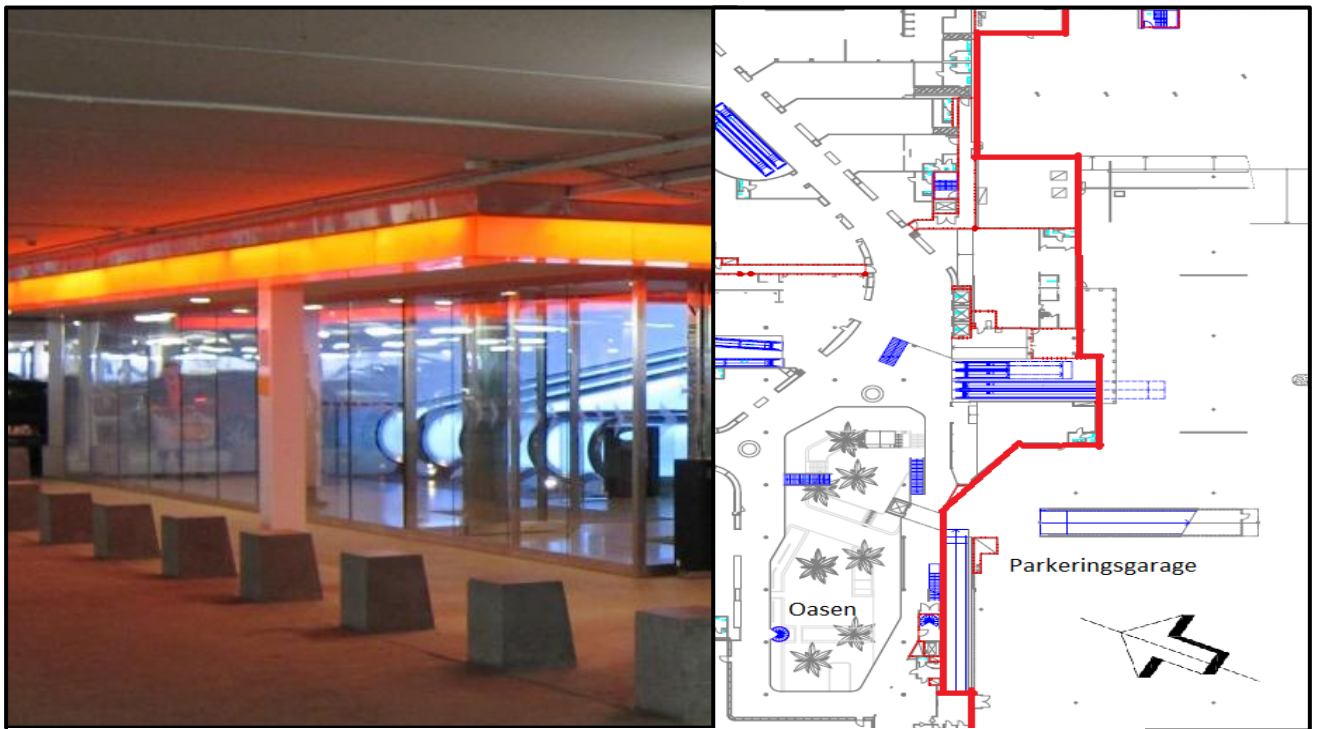
När larmet aktiverar stängs det ordinarie ventilationssystemet av. Den mekaniska brandgasventilationen, som består av totalt fyra brandgasfläktar, startar. Även rökluckan till trapphuset för den bakre utrymningsvägen till gymlokalen öppnas. Vid de tre huvudentréerna ställs de automatiska karuselldörrarna upp. Detta görs dels för att underlätta utrymning, dels för att entréerna ska

fungera som tilluftsöppningar till brandgasventilationen.

3.1.2 Sprinklersystem

I Sollentuna Centrum finns ett sprinklersystem installerat. Sprinklersystemet är installerat i de delar där butiker och kontor finns. De delar som inte har heltäckande sprinklersystem är källaren, parkeringsgaraget och mindre utrymnen med ställverk och transformatorer.

I parkeringsgaraget finns ett torrörssystem installerat för att kyla glasfasaden mellan garaget och köpcentret. Köpcentrum generellt uppfyller riskklass OH3 och har därför dimensionerande sprinklerflöde $5 \text{ mm}/(\text{min} \cdot \text{m}^2)$ med en verkningsyta på 216 m^2 (Carlens, 2006).



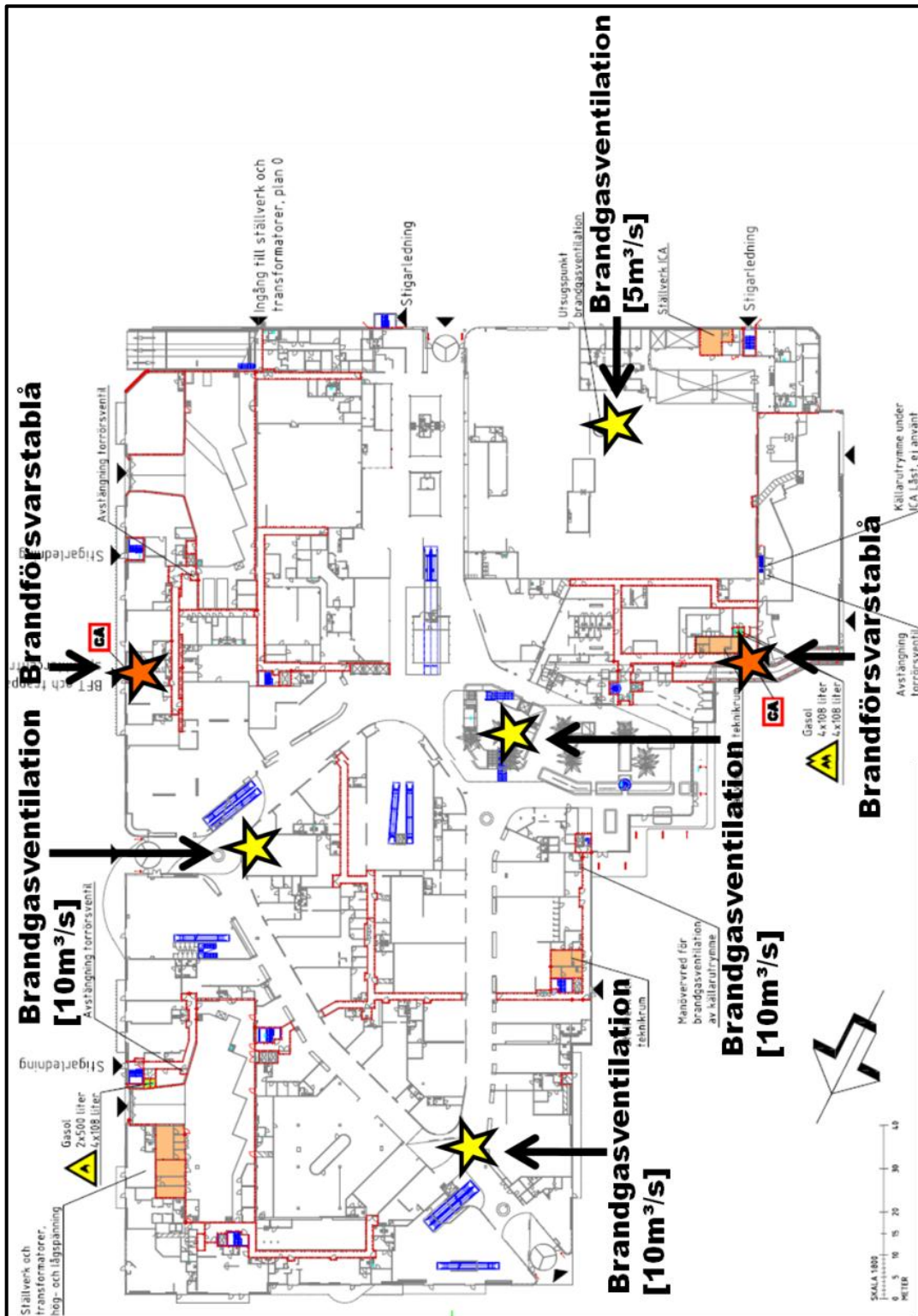
Figur 9. Glasparti mellan garage och köpcentret som kan kylas av sprinkler. *Originalbild: Brandkåren Attundas planritning för Sollentuna centrum, redigerad av Emma Dahlsrand 2011-05-20.*

3.1.3 Kommunal räddningstjänst

Insatstiden för den kommunala räddningstjänsten är mindre än tio minuter. Två stationer har Sollentuna Centrum som objekt; Kista brandstation och Sollentuna brandstation.

3.1.4 Mekanisk brandgasventilation

I taket sitter tre stycken brandgasfläktar som vardera har en kapacitet på $10 \text{ m}^3/\text{s}$. De är placerade i atriets tak, intill eldstaden samt vid rulltrappan utanför Akademibokhandels övre plan. ICA-butiken har en egen fläkt med kapacitet på $5 \text{ m}^3/\text{s}$. För placering hänvisas till figur 10.



Figur 10. Bilden visar var i byggnaden brandgasventilation samt brandförsvarstabla är placerade. Brandcellsgränserna är rödmarkerade. *Originalbild: Brandkåren Attundas planritning för Sollentuna centrum, redigerad av Emma Dahlsrand 2011-05-20.*

3.1.5 Brandgasventilation med självdrag

En brandgaslucka finns placerad i utrymningsvägarna i den nordvästra delen av byggnaden. Luckan är placerad i trapphuset ovan den bakre utrymningsvägen för gymlokalen.

3.1.6 Släckutrustning

I byggnaden finns handbrandsläckare utplacerade och på vissa ställen finns inomhusbrandposter. Den mesta släckutrustningen finns dock placerad i utrymmen dit allmänheten inte har tillträde.

3.1.7 Övriga släcksystem

Alla restaurangkök är utrustade med släcksystemet Ansulex®. Detta är ett punktskyddssystem specialiserat för att släcka vätskebränder i kök.



Figur 11.
Inomhusbrandpost.

3.2 Passiva system

Byggnaden är uppdelad i ett antal brandceller som visas i figur 10. De två största brandcellerna utgörs av parkeringsgaraget samt själva köpcentrumdelen med bland annat butiksplan, gym samt kontor. Samtliga av dessa har klass EI-60. Mellan garage och köpcenter finns ett glasparti med luftsluss som syns i figur 9.

Bakom butikerna i mitten av köpcentret finns också ett antal utrymningsvägar som är brandcellsavskiljda i klass EI-60. Utöver detta finns det ett antal mindre brandceller innehållande ställverk, gasolförvaring, lastkaj med mera.

3.2.1 Utrymningsvägar och skyltar

En utrymningsväg finns mellan butikerna i den mellersta delen av köpcentret. Den leder ut i en huvudkorridor i en annan del av köpcentret som i figur 13. Ett antal mindre utrymningsvägar leder direkt ut i det fria från huvudkorridoren. Från de övre våningsplanen finns trapphus ner till våningsplan 1 där det finns en utrymningsväg ut i det fria. Samtliga av dessa utrymningsvägar har en bredd på 1,2 meter och är utförda i klass EI60. Utöver ett flertal



Figur 12. Nödutgångsskylt.
Samtliga genomlysta skyltar kan drivas av reservbatterier om nätanslutningen slutar fungera.

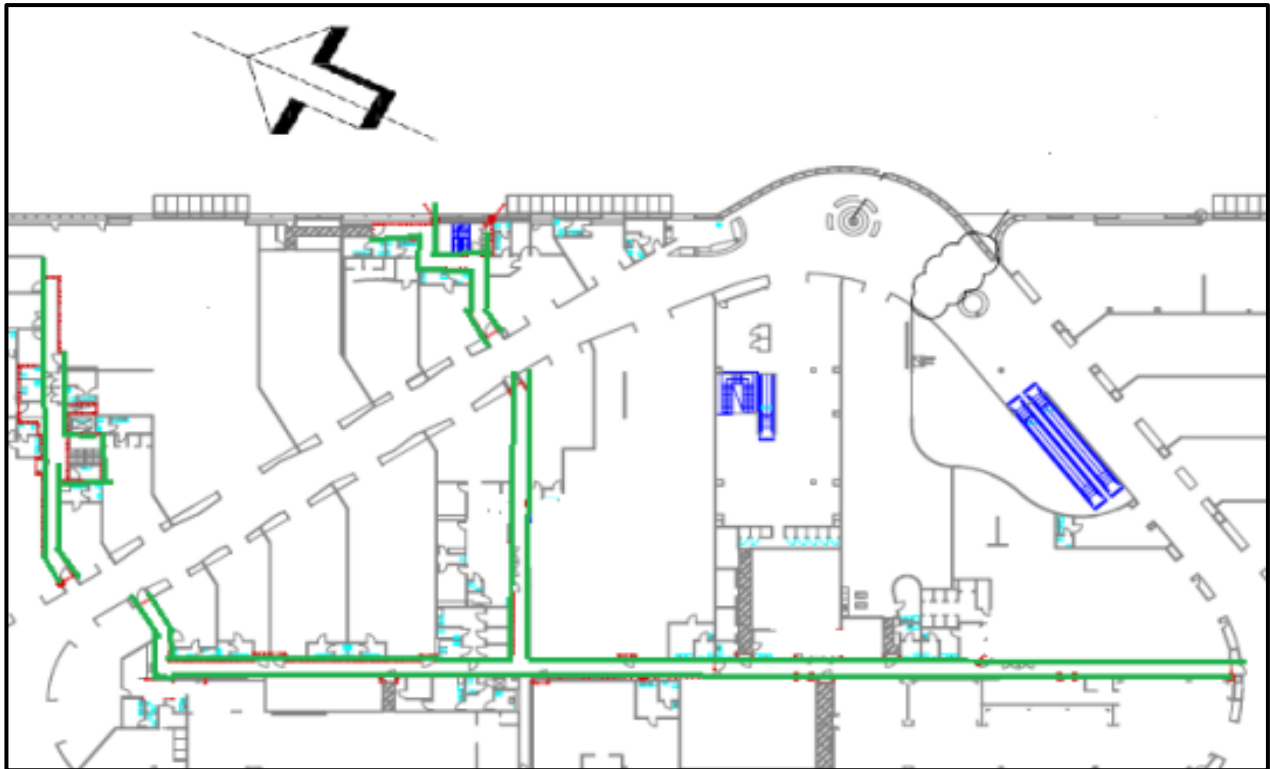
liknande utrymningsvägar finns det också utrymningsvägar till garaget på en total bredd på ungefär fyra meter.

Det finns genomlysta utrymningsskyltar som är nätanslutna. Dessa har reservbatterier som nödström vilket gör att de lyser även om strömmen bryts.

Bland de allmänna ytor som används under normalt bruk är korridorerna ungefär 5,5 meter breda. Utgångarna från butikerna till huvudkorridorerna varierar mellan de olika butikerna. Variationen på dessa bredder är mellan att hela väggen är öppen till det att bredden är ungefär 3 meter som minst. Totalt har de tre huvudentréerna ut i det fria 13,6 meter dörrbredd. Utöver det finns de ovan nämnda utrymningsvägarna och utgångar till parkeringsgaraget som är en egen brandcell.

Takhöjden till innertak är i regel 3,6 meter och bjälklaget inklusive undertak är ungefär 1,8 meter. I butikerna finns mindre variationer i takhöjd där de högsta takhöjderna är ungefär 4,5 meter.

De tre huvudentréerna mynnar antingen ut direkt till ett torg eller till trottoar som leder till öppna ytor som till exempel parkeringsplats.



Figur 13. Brandcellsavgränsande nödutgångar bakom butiker i grönt. Utrymning från korridoren i mitten av köpcentret måste ske genom en av huvdkorridorerna. *Originalbild: Brandkåren Attundas planritning för Sollentuna centrum, redigerad av Emma Dahlsrand 2011-05-20.*

3.2.2 Bärförmåga

På en byggnad i brandteknisk klass Br 1 ställs krav på bärförmåga utifrån brandbelastningen. Boverkets dimensionerande 80 %-fraktill av variabel brandbelastning för shoppingcentrum är 730 MJ/m^2 golvarea. Krav på bärande byggnadsdelar i Boverkets byggregler är klassificerade efter brandbelastning med total omslutningsarea istället för golvarea. Om brandbelastningen räknas om till total omslutningsarea klassificeras byggnaden som $\leq 400 \text{ MJ/m}^2$. Dock får boverkets krav för Brandbelastning $\leq 200 \text{ MJ/m}^3$ tillämpas även där brandbelastningen är högre om det finns sprinkleranläggning. För Sollentuna centrum är kravet därmed REI90-M. (Boverket, 2008a)

3.2.3 Ytskikt

För ytskikten ställs följande krav på byggnader utförda i brandteknisk klass 1.

- Väggytor bör ha ett ytskikt av lägst klass B-s1,d0 (klass I).
- Takytor bör ha ett ytskikt av lägst klass B-s1,d0 (klass I).
- Takytor och invändiga väggytor i utrymningsvägar bör ha ett ytskikt av klass B-s1, d0 (klass I).

3.3 Systematiskt brandskyddsarbete

Det systematiska brandskyddsarbetet är uppdelat mellan fastighetsägaren, Steen & Ström, och varje enskild näringsidkare. Steen & Ström ansvarar för brandskyddsarbetet i gemensamma utrymmen såsom korridorer och utrymningsvägar och varje näringsidkare ansvarar enskilt för de utrymmen som de hyr.

För att få en uppfattning om hur det systematiska brandskyddsarbetet fungerar delades en enkät ut under besöket. Resultatet av enkäten visade att kunskapen bland de som arbetar i köpcentret är låg. Anmärkningsvärt var att hälften av de tillfrågade inte vågade eller ville svara på enkäten. Totalt tillfrågades 20 personer varav endast tio besvarade enkäten. Ett skäl som ofta uppgavs till detta var att de inte ansåg sig ha kunskaper om brandskyddet och därför inte vågade svara. Hela enkätundersökningen redovisas i bilaga E.

4. Faroidentifiering

I detta kapitel identifieras vilka olika faror som uppstår i samband med verksamheten som finns i Sollentuna centrum.

4.1 Insatsstatistik

Mellan 1996-2009 uppstod 3 245 bränder i byggnader inom handel och 1 934 bränder i restaurang/danslokal (MSB). Om det görs ett antagande att hälften av dessa bränder uppstod i restauranger och hälften i danslokaler medför detta att det årligen uppstår cirka 300 bränder inom handel och i restauranger.

4.1.1 Tidigare incidenter

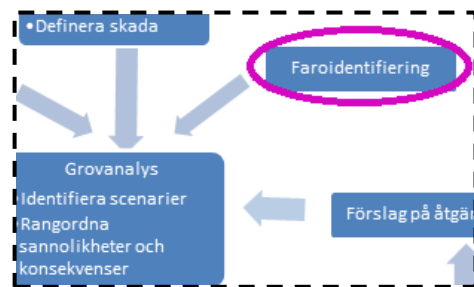
Inom handeln är brandorsaken i 20 % av fallen anlagda med uppsåt vilket gör det än svårare att förutse var en brand kan uppstå. Detta är i högsta grad relevant för Sollentuna centrum då det tidigare har skett två incidenter med anlagda bränder under de tre år centret i dess nuvarande form har funnits (Brandkåren Attunda, 2010a)

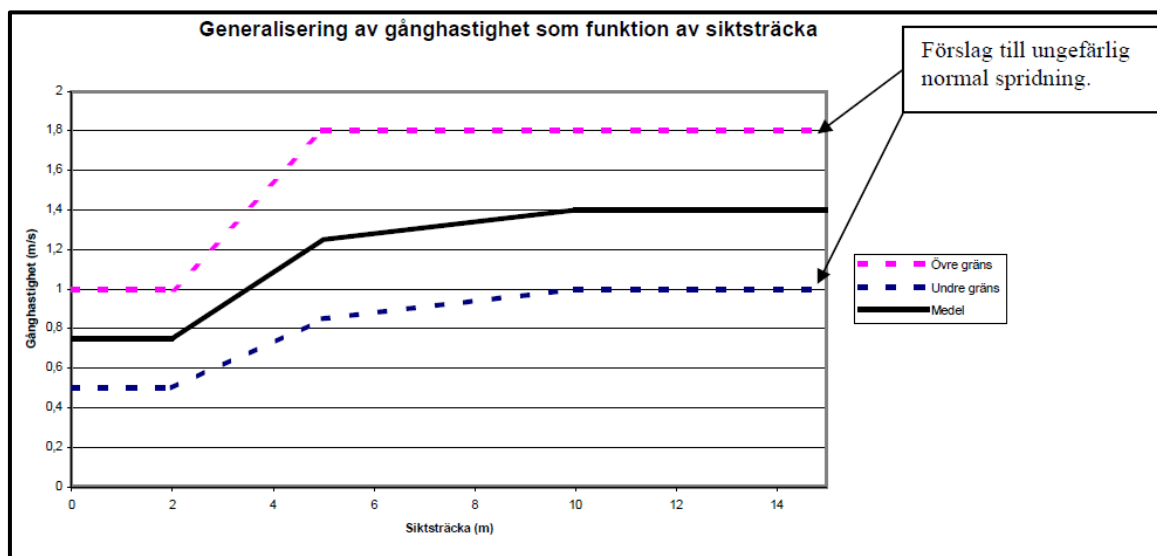
Sollentuna centrum har utrympts en gång skarpt efter ombyggnaden. Den 1 april 2010 på eftermiddagen utlöstes brandlarmet. Brandkåren Attunda anlände knappt åtta minuter senare. Då var köpcentret helt utrymmt. Det är okänt hur många personer som då befann sig i köpcentret från början. (Brandkåren Attunda, 2010b)

Mellan perioden 1999-2008 dog en person i brand i handel i Sverige (MSB).

4.2 Faroidentifiering vid brand

I butiker finns ofta olika trä- och plastmaterial som ger giftiga brandgaser såsom kolmonoxid, vätecyanid, kväveoxider med mera. Vanligtvis är det röken i miljön som är farlig för människor och inte branden i sig. Ytterligare en fara med röken är att sikten försämras vilket leder till att människor förflyttar sig långsammare och har svårare att hitta rätt utgång. Gunnarsson (2003) har generaliserat gånghastighet som funktion av siktsträcka enligt figur 14. Enligt sambandet påverkas gånghastigheten bara vid siktsträckor under tio meter, vilket också är gränsen för kritiska förhållanden enligt Boverkets byggregler (Boverket, 2008a).





Figur 14. Gånghastighet som funktion av siktsträcka (Gunnarsson, 2003).

Utrymningstiden ökar för personer som befinner sig i en miljö där sikten är dålig. Det är farligt i en miljö med brandgaser där brandgaserna ökar faran teoretiskt exponentiellt med tiden eftersom minskad gånghastighet får människor att befinna sig längre tid i rök när de väl hamnat där.

En annan fara som uppstår vid brand är den direkt infallande strålningen från flaman. Eftersom den är starkt beroende av avståndet blir detta troligen en mindre väsentlig parameter i ett objekt av Sollentuna centrums storlek.

4.3 Faror i verksamheten

Tiden det tar att utrymma en byggnad är starkt beroende av persontätheten. I en samlingslokal likt ett köpcentrum uppstår ofta trängsel under perioder då besökarantalet är extra högt, som till exempel under storhelger som jul (Boverket, 2008a). Faran med när många personer ska utrymma byggnader samtidigt är att det blir köbildning i öppningar.

I verksamheten finns en stor mängd möjliga antändningskällor och det är inte relevant att lista alla. De mest aktuella antändningskällorna är:

- Elfel
- Gasolen antänds
- Anlagd brand
- Brand i kök i till exempel fritöser

Gasol används dels till köken i Oasen, dels till en eldstad som är placerad på plan 2. Då gasolen transporteras genom ledningar finns inte bara faran i anslutning till gasolförvaringen eller i köken, utan även längs med hela ledningen.

4.4 Speciella evenemang

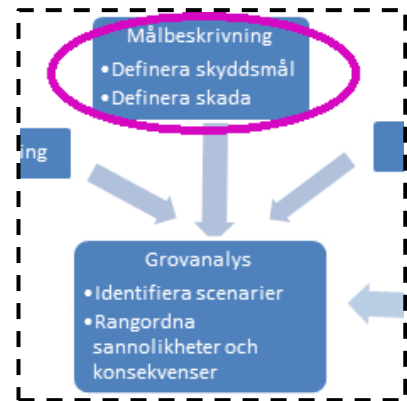
Vid ett fåtal tillfällen per år pågår speciella evenemang i köpcentret som till exempel att en artist har ett uppträdande. I huvudsak brukar dessa evenemang hållas i Oasen. Vid evenemangen stängs rökdetektor av och istället finns en extra bemanning av vakter. De är förberedda med

handbrandsläckare och har dessutom tillgång till manuella larmknappar för att kunna aktivera utrymningslarmet om brand skulle uppstå.

5 Skyddsmål

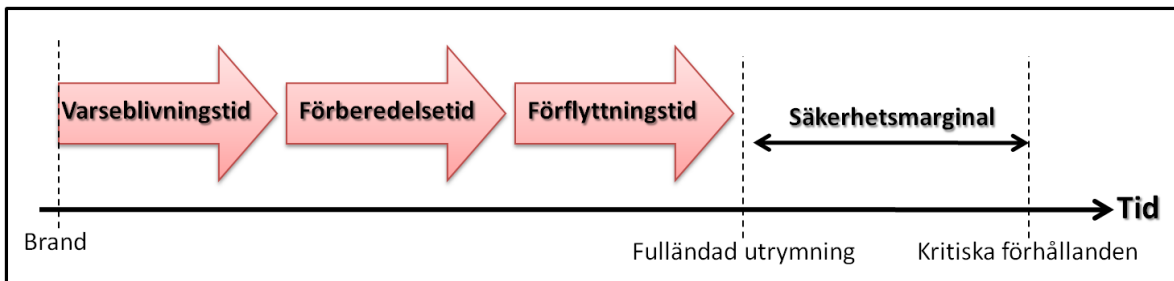
I följande kapitel definieras målen för att en säker utrymning ska kunna ske. Därtill redovisas de modeller som används i rapporten för att beräkna om utrymningen är säker eller inte.

Enligt Boverkets byggregler ska "byggnader utformas så att tillfredställande utrymning kan ske vid brand". För att kunna utrymma en byggnad på ett tillfredställande sätt måste utrymningen av byggnaden vara klar innan kritiska förhållanden uppstår. (Boverket, 2008a)



5.1 Utrymningsmodell

För att beräkna om säker utrymning kan ske används modellen som illustreras i figur 15. Den tid det tar att utrymma en byggnad består av tre delar; varseblivningstid, förberedelsetid och förflyttningstid.



Figur 15. Utrymningsmodellens delar på tidsskalan.

Säkerhetsmarginalen beräknas enligt nedanstående samband. Om säkerhetsmarginalen är positiv anses säker utrymning kunna ske.

$$t_{\text{marginal}} = t_{\text{krit}} - t_{\text{varse}} - t_{\text{förberedelse}} - t_{\text{flytt}}$$

5.2 Kritiska förhållanden

Kritiska förhållanden uppstår då ett antal funktionsbaserade gränsvärden överskrids. Kritiska förhållanden definieras enligt Brandskyddshandboken som i tabell 1.

Tabell 1. Brandskyddshandbokens definition av kritiska förhållanden.

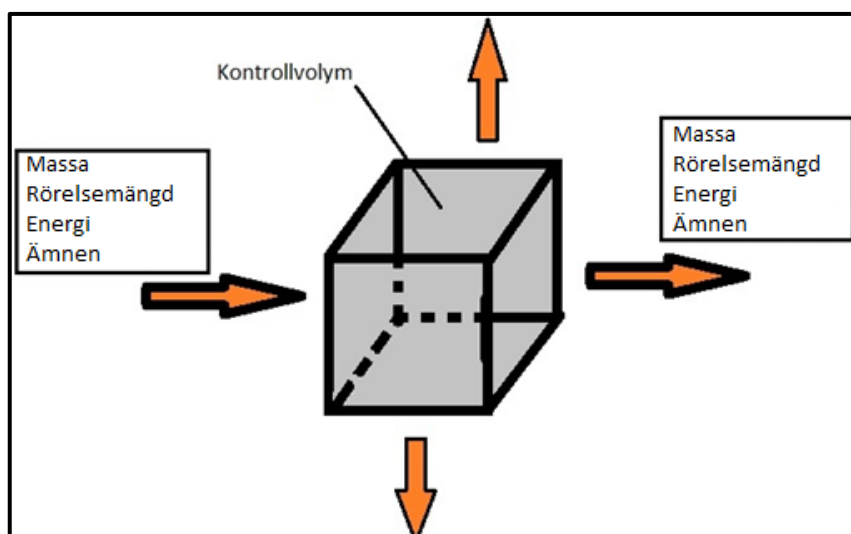
Temperatur	En person som utrymmer bör inte utsättas för en temperatur över 80°C.
Sikt	Sikten får inte understiga 5 meter i brandrummet respektive 10 meter i utrymningsvägarna.
Toxicitet	Syrehalten bör inte understiga 15 %. Halten koldioxid får inte överstiga 5 %. Halten kolmonoxid får inte överstiga 2000ppm. Halten giftiga gaser får inte överstiga sitt toxiska gränsvärde.
Strålning	En person får under utrymning maximalt utsättas för en strålningsintensitet på 2,5 kW/m ² eller en sammanlagd strålningsenergi på 60 kJ/m ² (utöver 1kW/m ²).
Brandgaslagrets höjd	Höjden på brandgaslagret bör inte understiga höjden $1,6 + 0,1 \times H$, där H är rummets takhöjd.

För att beräkna tid till kritiska förhållanden används olika handberäkningsmetoder och datormodeller. FDS är den datormodell som har använts till största del i denna rapport.

5.2.1 CFD

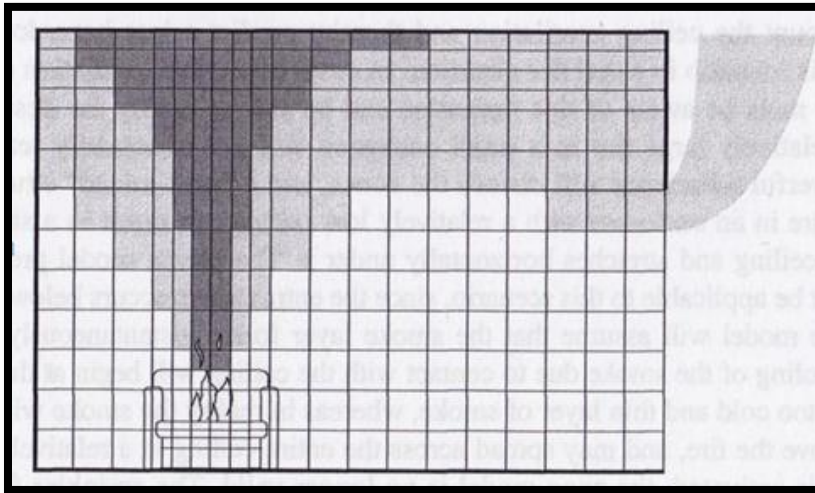
För att beräkna tid till kritiska förhållanden simuleras rökfyllnaden med hjälp av FDS, *Fire Dynamics Simulator*. Programmet använder CFD-modeller (Computational Fluid Dynamics) för att beräkna strömningsproblem i fluider. (McGrattan et al., 2010)

Detta program utgörs av en så kallad fältmodell som ger numeriska lösningar av de så kallade Navier-Stokes ekvationer, som är fundamentala för fluiddynamik och strömningslära. Metoden bygger på att en större volym delas in i ett stort antal mindre kontrollvolym. För var och en av dessa kontrollvolym löses sedan kontinuitetsekvationer för massa, rörelsemängd, energi samt kemisk sammansättning. Teoretiskt sett är det möjligt att göra kontrollvolymerna så små att turbulens och andra mindre kanteffekter kan simuleras med bra resultat. Detta är dock ofta inte praktiskt genomförbart då modellen är beräkningstung.



Figur 16. Flöde in och ut ur kontrollvolymen.

FDS är en programvara utgiven av NIST(National Institute of Standards and Technology). FDS använder beräkningsmodeller för flöden i lägre hastighet och flöden som beror av temperaturskillnader samt att simulatoren kan beräkna värme- och röktransport. Beräkningarna görs transient vilket innebär att små kvasistatiska tidssteg sker mellan varje lösning. Ytterligare en begränsning i programmet är att alla geometrier måste vara rektangulära. Om så inte är fallet görs avrundningar för att beskriva detta. (McGrattan et al., 2010)



Figur 17. Rum indelat i kontrollvolymmer (McGrattan et al., 2010).

5.3 Utrymningsprocessen

Nedan beskrivs de olika delarna i utrymningsprocessen närmare.

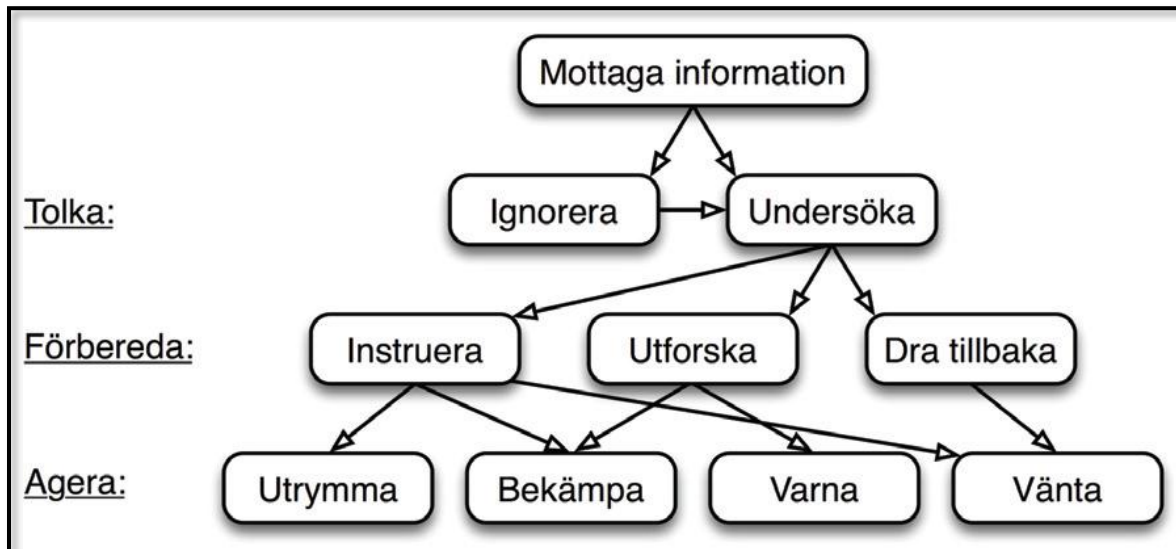
5.3.1 Varseblivningstid

Första steget i utrymningsprocessen är varseblivningstiden. Varseblivningstiden sträcker sig från den tidpunkt då branden startar tills personen i fråga har noterat att någonting är fel. Denna tid beror till stor del på var i byggnaden personen befinner sig. (Frantzich, 2001)

Sollentuna centrum är en relativt stor byggnad vilket gör att en större del av de personer som befinner sig i byggnaden inte förväntas bli varse branden genom att upptäcka den med egna ögon. Dessa personer kan istället bli varse branden genom att utrymningslarmet startar alternativt att de blir varnade av andra. (Frantzich, 2001)

5.3.2 Förberedelsetid

Förberedelsetiden anses ofta vara den tiden i utrymningsprocessen som är svårast att uppskatta. Förberedelsetiden sträcker sig från att personen blivit varse om att något är fel fram till att personen beslutar sig för att påbörja utrymning. I figur 18 redovisas typiska beteenden under förberedelseprocessen.



Figur 18. Typiska beteenden under förberedelseprocessen (Nilsson, 2006).

Att förberedelsetiden är svår att bestämma består till stor del på att personer kan välja att undersöka vidare eller att ignorera. Ofta söker personer fler signaler än en för att bekräfta vad som sker. Exempel på sådana signaler är att andra personer runt omkring också har upptäckt branden, rökutvecklingen, brandlukten eller kanske den mest konkreta informationen att utrymningslarmet startar. (Nilsson, 2006)

Då det befinner sig ett större antal människor i en miljö där de till stor del är anonyma för varandra blir den sociala påverkan stor. Forsök har visat att då fler personer befinner sig i samma rum tar det oftast längre tid innan utrymning påbörjas (Latané & Darley, 1970). Personal har här en viktig roll då de har stor social påverkan på hur kunderna reagerar.

Förberedelsetiden för kunderna beror till stor del på vad de ägnar sig åt då de blivit varseblivna. Kunder som befinner sig i kassakö, provrum eller restaurang behöver oftast en längre förberedelsetid. Detta på grund av att dessa kunder ofta är mycket benägna att först avsluta den aktivitet de håller på med. (Frantzich, 2001)

För en person som ser branden är det cirka 50 % sannolikhet att de inleder utrymning innan utrymningslarmet startat. För Sollentuna centrum antas att det bara gäller personer som befinner sig i brandrummet eller i direkt anslutning till det. En person som har påbörjat sin utrymning kan dock tillfälligt avbryta sin utrymning till exempel för att varna andra eller för att försöka släcka. (Frantzich, 2001)

Den individuella beslutstiden minskar då de får konkret information på vilka handlingar de bör utföra. Även om ett informativt talat meddelande tar något längre tid att läsa än ett enkelt talat meddelande så leder ett informativt talat utrymningslarm generellt till en kortare förberedelsetid. Då utrymningslarmet i Sollentuna centrum är ett informativt talat meddelande är ett rimligt värde på förberedelsetid ungefär 60 sekunder. Denna tid gäller för kunder som befinner sig bland varor och håller på att handla. Dessutom förutsätter denna tid att det finns utbildad personal i lokalen som vet hur utrymning av lokalen borde ske. (Frantzich, 2001)

5.3.3 Förflyttningstid

Den sista delen i utrymningsprocessen är förflyttningen till en säker plats, exempelvis via en utrymningsväg ut i det fria. Då Sollentuna centrum är en samlingslokal betraktas det inte som en känd miljö för kunderna. Detta gör att folk tenderar att använda samma väg som de kom in genom istället för närmaste utrymningsväg.

Möjligheterna att påverka vilken väg kunderna väljer för att utrymma kan främst påverkas på två sätt. Det ena sättet är att personal eller annan person som känner till lokalen visar vilken väg som är närmast ut. Det andra sättet är att utforma utrymningsvägar så de är attraktiva att välja, till exempel genom tydlig skyltning eller information i ett talat meddelande.

Då byggnadens gångsträckor är relativt långa blir utrymningstiden starkt beroende av gånghastigheten. Till exempel har äldre och funktionshindrade i regel en långsammare gånghastighet än en genomsnittlig person. Detta kan medföra stora variationer i förflyttningstid beroende på vilka kategorier av personer som befinner sig i byggnaden.

Ytterligare en faktor som påverkar förflyttningstiden är persontätheten. Då folk ofta väljer samma utrymningsvägar blir det lätt kö i de stora utgångarna (Frantzich, 2001). I Sollentuna centrum gäller det främst huvudentréerna på plan 1 och utgången till garaget.

5.3.3.2 Simulex

I den här rapporten används Simulex för att simulera utrymningar. Simulex är ett datorprogram som används för att simulera utrymning ur byggnader.

Programmet använder sig av partikelmodellering. Partikelmodellering är en två-dimensionell modellering där varje partikel, eller i detta fall person, rör sig i ett plan med x- och y-koordinater samt eventuell vektor för hastighet². En CAD-fil innehållande ritning över utrymningsobjektet importeras till programmet. I ritningen, som utgör begränsningarna för hur personerna kan röra sig, läggs även utgångar samt eventuella trappplänkar in mellan de olika våningsplanen. Personer läggs in antingen enskilt eller i grupp. Det finns ett antal fördefinierade persontyper såsom män, kvinnor, barn, äldre, funktionshindrade och så vidare. Det är möjligt för användaren att definiera personernas egenskaper vad gäller storlek, medelhastighet med mera. Simulex skapar en avståndskarta för att veta vilken utrymningsväg som är närmast när simuleringen sker. Det går även att skapa särskilda avståndskartor som är specifika för en viss individ, på så sett kan man göra vissa utgångar tillgängliga för en del personer men inte för andra.

5.3.3.2.1 Programmets begränsningar

Då programmet räknar på kortaste utrymningsvägen kan vissa orimliga scenarier uppstå i simuleringarna som att grupper krockar med varandra i korridorer eller ställer sig i stora klungor då de ska runda ett hörn. Det ger även problem vid utgångarna då hela den tillgängliga utrymningsbredden i huvudentréerna inte används av Simulex (se figur 19). Det kan även skapas orimliga köbildningar då en person med låg gånghastighet reducerar hastigheten hos personer som befinner sig bakom, trots att utrymme finns för att passera.

² Håkan Frantzich, Föreläsning 2011-01-19



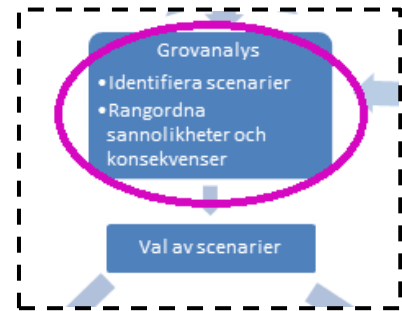
Figur 19. Simulering i Simulex som visar flödet genom huvudentrén där några begränsningar i programmet syns. Till exempel kan det bildas orimliga köer runt hörn. Området till höger i bilden motsvarar det fria utomhus.

6. Identifiering av brandscenarier

I detta avsnitt presenteras troliga brandscenarier som kan utgöra riskkällor i byggnaden.

6.1 Grovanalys

För att identifiera och översiktligt värdera olika riskkällor i byggnaden görs en grovanalys. Ett antal brandscenarier identifieras och rangordnas på en skala från ett till fem med avseende på sannolikhet och konsekvens. Enligt tidigare insatsrapporter har sabotage förekommit³. Därför är det relevant att beakta risken för anlagd brand när sannolikheten uppskattas.



Parametern sannolikhet baseras på statistik över olyckor och tillbud för köpcenter i MSBs statistikdatabas. Denna vägs samman med tidigare insatsrapporter för köpcentret och det allmänna intrycket från platsbesöket. Det scenario som förekommer mest sällan i får graden 1, medan det scenario som förekommer oftast får graden 5. Således gäller graderingen i relation till värsta respektive mildaste scenariot. Övriga scenarier fördelas proportionellt däremellan på skalan 1-5. I varje enskilt fall tas det hänsyn till omständigheter som kan påverka konsekvens eller sannolikhet i någon riktning som gör att graderingen avviker från det ursprungliga relativa måttet. Till exempel kan konsekvensgraden för ett brandscenario uppgraderas från 3 till 4 ifall det riskerar att skapa problem som gör det svårt att nyttja en viktig utrymningsväg.

En utvärdering görs utifrån hur branden bedöms tillväxa, vilken möjlighet den har att sprida sig samt vilken möjlighet brandgaser har att sprida sig och om de kan påverka utrymningsituationen. Även här får den värsta konsekvensen grad 5 och den mildaste grad 1.

Nedan presenteras uppskattade sannolikheter och konsekvenser för de brandscenarier som identifierades i grovanalysen.

6.1.1 Brandscenario A – Brand i bod i nära entrén i södra korridoren

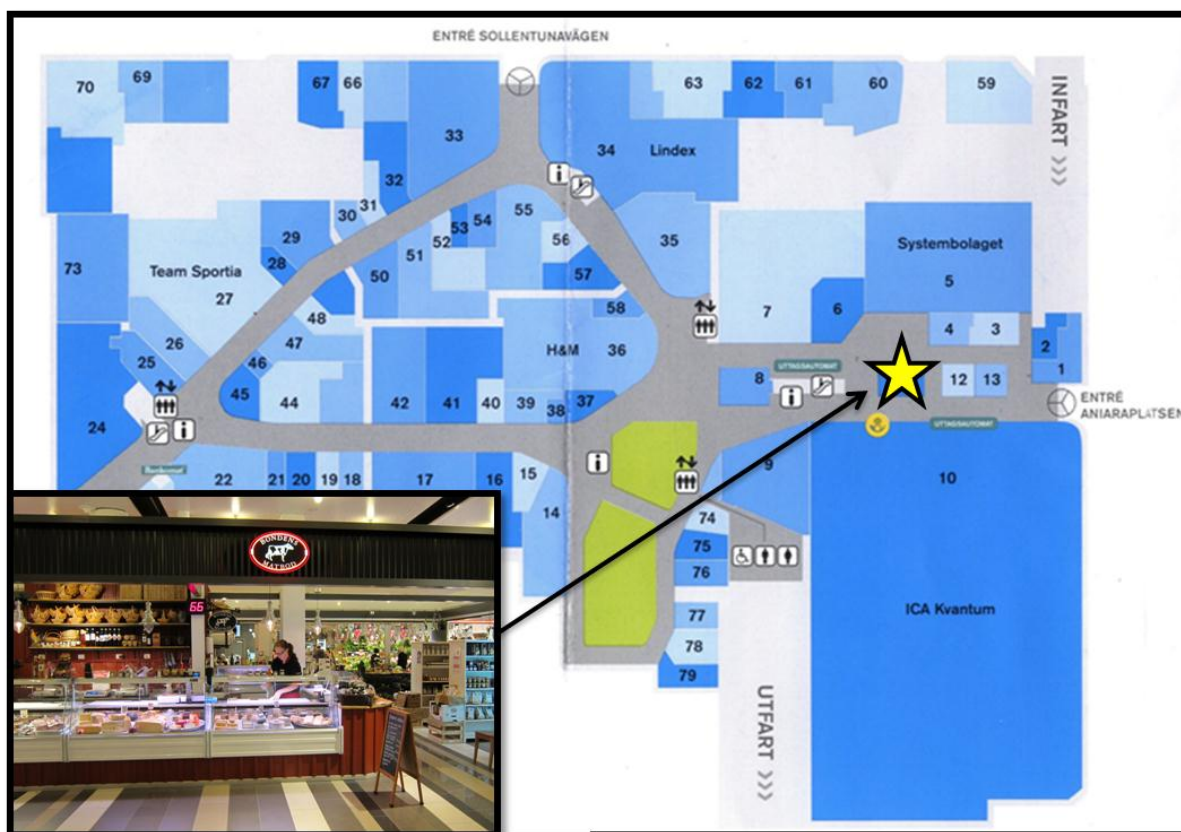
Någon av bodarna i södra korridoren börjar brinna på grund av sabotage eller annan anledning. De ligger i ett allmänt utrymme, vilket gör att sannolikheten för brand bedöms vara högre än i de utrymmen där det bara finns personal. Den relativa sannolikheten sätts därför till 3.

Bodarna är placerade mitt i den södra korridoren framför entré Aniaraplatsen. Om en brand uppstår här kan brandgaser sprida sig i södra korridoren och blockera utrymning genom entrén mot Aniaraplatsen. Den entrén utgör en av tre stora utgångar och är därmed en viktig utgång. Risken att en sådan brand blockerar entrén gör att konsekvensgraden sätts till 4.

Sannolikhet = 3

Konsekvens = 4

³ Brandinspektör Jan Elieson, Brandkåren Attunda, Samtal 2011-02-04.



Figur 20. Bondens matbod i södra korridoren. Originalbild: Sollentuna centrum Tour Guide. Redigerad av Emma Dahlstrand 2011-05-01.

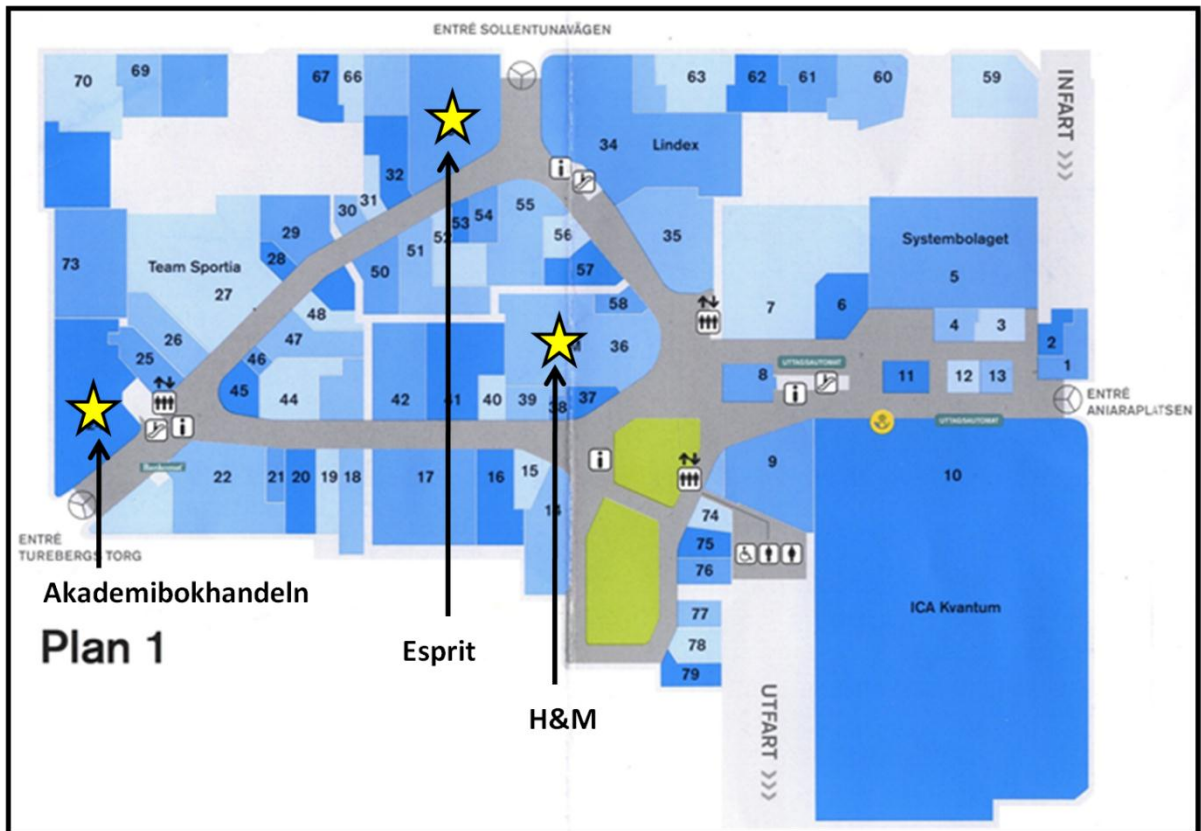
6.1.2 Brandscenari B – Brand i butik

En brand uppstår av någon anledning inne i en butik med kläder, leksaker, teknikprylar eller liknande. Sannolikheten bedöms vara lika i alla scenarier med vanliga butiker i allmänna utrymmen. Därför får även detta scenario sannolikhetsgraden 3.

I allmänhet finns största mängden brännbart material i ett köpcenter inne i butikerna. En brand i en butik leder därför troligen till värre konsekvenser än en brand i en korridor som i brandscenari A. Om butiken också är placerad nära en av huvudentréerna kan brandgaserna sprida sig ut i korridoren och blockera utrymning där. De butiker som kan få snabbast tillväxt är större klädaffärer där kläder ofta är upphängda på väggar. Möjligheten till kraftig tillväxt av branden i kombination med att den är placerad nära en av de stora utgångarna ger konsekvensgraden 5.

Sannolikhet = 3

Konsekvens = 5



Figur 21. Placeringen av de tre butikerna som sträcker sig över två våningsplan. H&M, Esprit akademibokhandeln.
 Originalbild: Sollentuna centrum Tour Guide. Redigerad av Emma Dahlstrand 2011-05-01.

6.1.3 Brandscenario C – Brand i butik med två våningar

En brand startar i någon av de tre större butikerna i köpcentret som sträcker sig över två våningsplan. Sannolikheten att en brand uppstår i en sådan butik bedöms vara samma som i övriga butiker, det vill säga sannolikhetsgrad 3.

I konsekvens är skillnaden mot övriga butiker att dessa har en lägre sannolikhet att blockera en av de större utrymningsvägarna med brandgaser. Det ger konsekvensgraden 4.

Sannolikhet = 3

Konsekvens = 4

6.1.4 Brandscenario D – Brand på ICA Kvantum

En brand startar i någon del av ICA Kvantum. Även om det förekommer en del tillagning på ICA Kvantum bedöms sannolikheten för brand marginellt högre än för en vanlig butik. Sannolikhetsgraden sätts till 3.

Lokalen har en stor mängd material med varierande brännbarhet. Den är försedd med egen mekanisk brandgasventilation. Det gör att bildandet av ett brandgaslager i butiken tar längre tid samt minskar risken för spridning till övriga delar av byggnaden. Det gör att konsekvensgraden sätts till 3.

Sannolikhet = 3

Konsekvens = 3



Figur 22. Chipshylla och blöjor på ICA Kvantum.

6.1.5 Brandscenario E – Brand i butikslager

Vissa butiker har stora lager bakom butiksdelen som kan innehålla stora mängder brännbart material förvarat på höjden. Eftersom dessa utrymmen mest används som förvaring bedöms det inte finnas så många källor till uppkomst av brand. Till exempel minskar sannolikheten för anlagd brand då enbart personal rör sig i liknande utrymmen. Sannolikhetsgraden sätts därför till 2.

Eftersom det endast vistas personal med god lokalkännedom blir konsekvensen låg i jämförelse med de allmänna ytorna. Detta antagande görs då dessa ytor är spinklade och därmed tros inte detta scenario leda till större konsekvenser än liknande brand i en allmän yta. Konsekvensgraden bedöms därför till 2.

Sannolikhet = 2

Konsekvens = 2

6.1.6 Brandscenario F – Brand i kök

En brand uppstår i ett restaurangkök i samband med matlagning. I köket sker arbetet oftast i en stökig, stressig miljö kombinerat med höga temperaturer och brännbar oljor och fetter. Enligt MSB:s statistik är bränder i restaurangkök mycket vanliga. Det ger underlag till att sätta sannolikhetsgraden till 5.

Alla kök i köpcentret är utrustade med ett separat släcksystem⁴. Det ger goda möjligheter att lyckas släcka en eventuell brand automatiskt. Konsekvensgraden sätts därför till 2.

⁴ Brandinspektör Jan Elieson, Brandkåren Attunda, Samtal 2011-02-04.

Sannolikhet = 5

Konsekvens = 2

6.1.7 Brandscenario G – Gasexplosion

I köpcentret används gasol i köken och vid eldstaden. Denna gas kan läcka ut och antändas, vilket ger en kraftig explosion. Gasolen förvaras i två rum med brandcells begränsning EI60 för respektive rum. Dessutom finns ytterligare en EI60-begränsning utanför de två rummen. Gasolledningarna är också försedda med avstängningsventiler i båda ändarna. Dessa är kopplade till ett system för gasdetektion⁵. På grund av säkerheten som omgärdar gasolen bedöms sannolikheten vara liten och sätts därför till 1.

Om en stor mängd gas läcker ut kan det leda till en stor explosion med förödande konsekvenser. Det gör att konsekvensgraden bedöms till 5.

Sannolikhet = 1

Konsekvens = 5



Figur 23. Gasbehållare inom avgränsning från omgivningen med klass EI120.

6.1.8 Brandscenario H – Brand i elcentral

En kabelbrand uppstår i någon av de elcentraler som finns bakom butikerna i mitten av köpcentret. Elcentraler, där det finns en stor mängd elektriska komponenter, bedöms ha en högre sannolikhet att börja brinna än allmänna utrymmen. Därför sätts sannolikhetsgraden till 4.

⁵ Brandinspektör Jan Elieson, Brandkåren Attunda, Samtal 2011-02-04

Konsekvensen av en brand i elcentral bedöms som liten då det finns relativt lite brännbart material förutom kablarna i sig. Elcentralerna är avskilda från allmänheten och utrustade med rökdetektorer, vilket ger underlag till att sätta konsekvensgraden till 1.

Sannolikhet = 4

Konsekvens = 1



Figur 24. Elcentral i de bakre utrymningsvägarna.

6.1.9 Brandscenario I – Brand i Oasen

Något i Oasen antänds antingen med uppsåt eller av annan orsak. På nedersta våningsplanet finns en öppen yta med mycket växter och restaurangbord. Det är denna öppna yta som kallas Oasen och befinner sig i ett stort atrium. Mängden brännbart material varierar. Den kan öka under vissa perioder som till exempel i anslutning till jul då en stor julgran placeras där. Sannolikhetsgraden bedöms vara lika stor som i de andra allmänna utrymmena, det vill säga 3.

Atriet är direkt sammankopplat med huvudgångarna. Mekanisk brandgasventilation kopplad till brandlarmet finns placerad uppe i taket. Brandgasventilationen motverkar att brandgaslagret når låga höjder i atriet vilket gör att konsekvensgraden sätts till 2.

Sannolikhet = 3

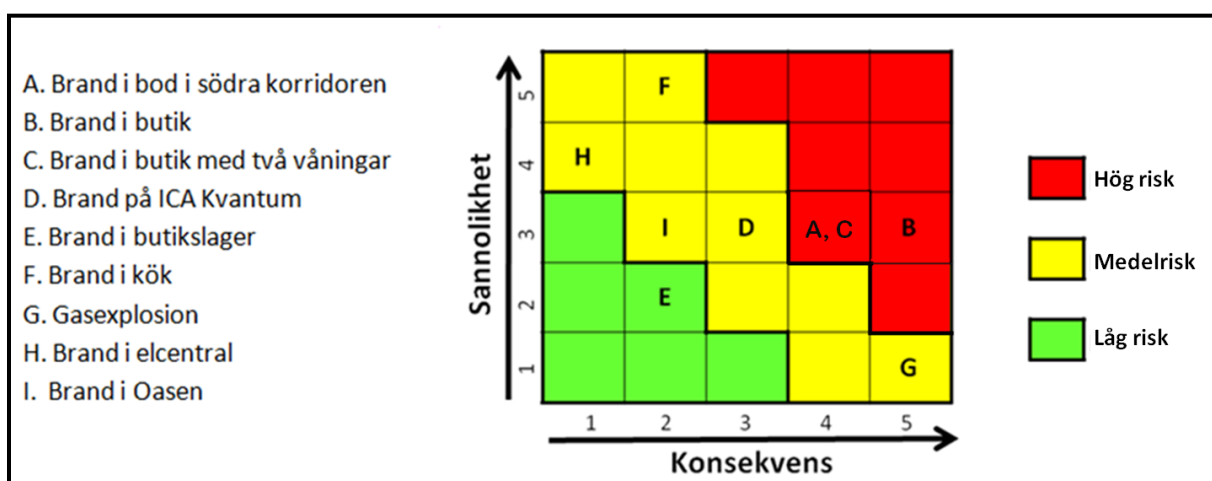
Konsekvens = 2



Figur 25. Oasen med restauranggäster.

6.2 Riskmatris

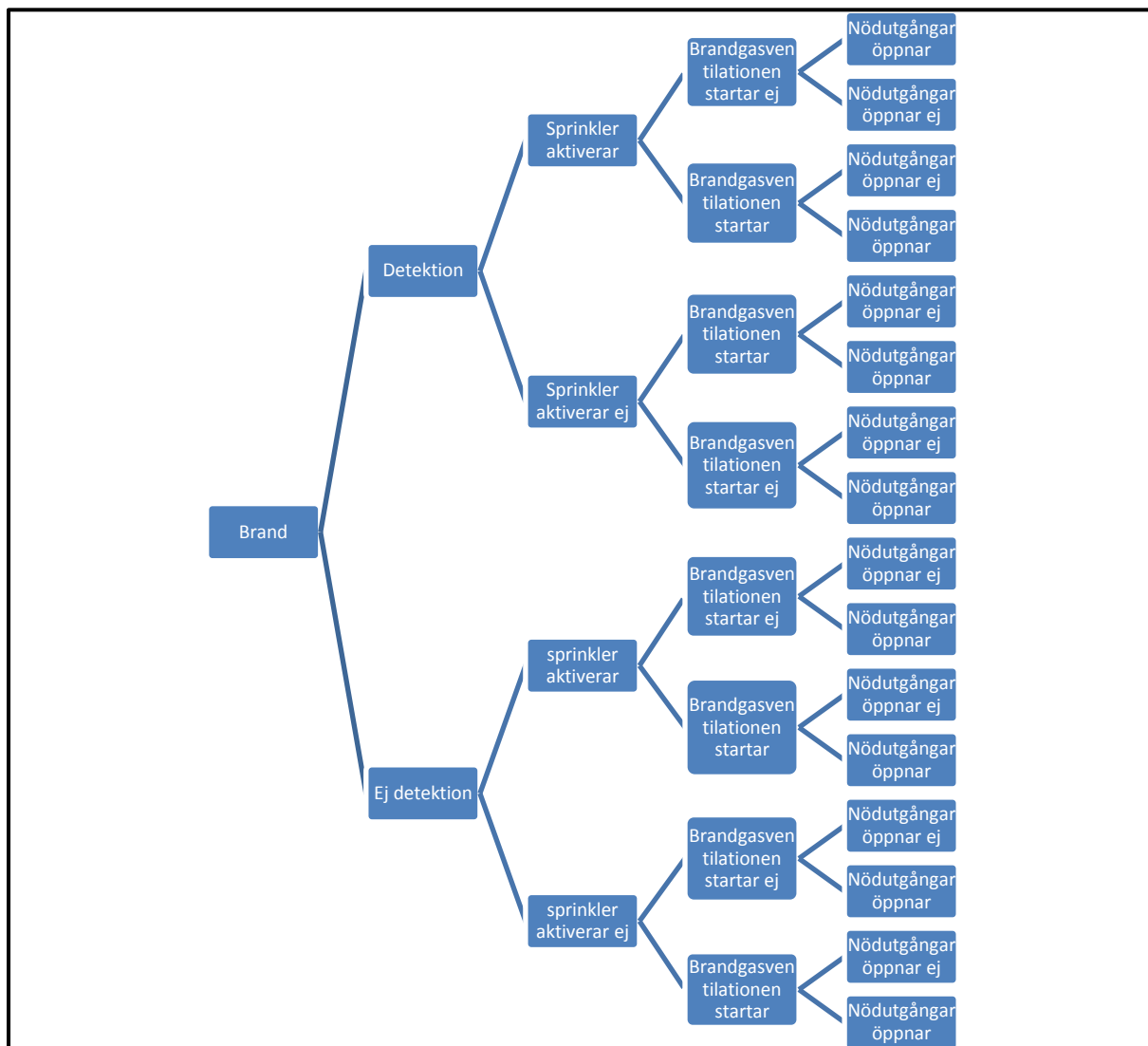
Med hjälp av graderingen på de två relativa skalorna sannolikhet och konsekvens kan en riskmatris tas fram. Det faller sig naturligt att om ett scenario har hög sannolikhet i kombination med hög konsekvens innebär det även en relativt högre risk än ett scenario med låg sannolikhet och låg konsekvens. Ett riskmått definieras som summan av värdena på sannolikhet och konsekvens. Det ger ett värde mellan 2 och 10, med medelvärdet 6. Värdena 5,6 och 7 får därför utgöra den relativa medelrisken. Värden över och under utgör relativt hög respektive låg risk. En ytterligare justering görs för att missgynna de scenarier med hög konsekvens. De scenarier med konsekvensgrad över medel, det vill säga med konsekvensgrad 4 eller 5 får +1 till sitt riskmått. Riskmåten för respektive scenario redovisas grafiskt i en riskmatris i figur 26.



Figur 26. Riskmatris för scenarierna framtagna i grovanalys.

6.3 Händelsetråd

I figur 27 syns ett exempel på händelsetråd över hur ett scenario kan utvecklas beroende på om de aktiva skyddssystemen fungerar tillfredställande eller ej. Det exemplet skulle kunna användas på alla ovanstående scenarier. Som synes ökar omfattningen snabbt om alla möjliga händelseförlopp ska tas i beaktande. I rapporten görs därför mest kvalitativa känslighetsanalyser hur felfunktioner på säkerhetssystemen påverkar händelseförloppen.

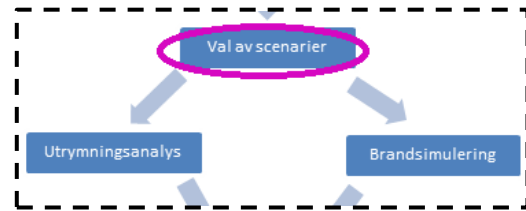


Figur 27. Händelsetråd för ett antal scenarier vid brand.

7. Val av scenarier

I detta avsnitt väljs de brandscenarier ut som anses vara representativa för att beskriva farobilden i verksamheten. Utifrån riskmatrisen i kap 6.2 kan det utläsas att det är brandscenario A, B och C som

innebär störst risk och därmed anses vara av störst vikt beskriva kvantitativt. Dessa specifika scenarier representeras av en generalisering, som görs med syfte att täcka in hela den generella farobilden. Brandscenario A och B är snarlika om butiksbranden sker i södra korridoren då den största faran anses vara att huvudentrén blir blockerad. Därför görs valet att låta dessa scenarier representeras av ett gemensamt scenario.



Som illustreras i avsnitt 6.3 kan dock var och ett av scenarierna utvecklas på en mängd olika sätt, beroende på om säkerhetssystemen fungerar eller ej. För att täcka in farobilden väljs ur händelseträdet i figur 27 en ytterligare omständighet för att beskriva ett mer allvarligt scenario. Brandscenario C, brand i butik med två våningar, har störst potential att få en hög effekt om branden får växa obehindrat. Därför görs valet att analysera brandscenario C med respektive utan sprinkleraktivering.

Således har totalt tre representativa brandscenarier definierats som analyseras vidare:

- **Brandscenario 1:** Brand i butik vid södra entrén
- **Brandscenario 2:** Brand i butik med två våningar
- **Brandscenario 3:** Brand i butik med två våningar utan sprinkleraktivering

Brandscenarierna placeras enligt figur 28. Härnäst presenteras en noggrannare kvalitativ och kvantitativ beskrivning av dessa tre brandscenarier.



Figur 28. Brandscenariernas placering i köpcentret. *Originalbild: Sollentuna centrum Tour Guide. Redigerad av Emma Dahlstrand 2011-05-01.*

7.1 Förutsättningar för brandscenarier

För alla tre brandscenarier finns liknande förutsättningar för det initiala brandförloppet och utrymningsförloppet. Bränderna är generaliserade till att vara värsta troliga branden oberoende hur verksamheten ser ut i dagsläget. Detta görs för att kunna beskriva en generell riskbild för verksamheten även om densamma förändras i framtiden. Placeringen av bränderna är alltså skild från de förutsättningar för brandtillväxten som presenteras nedan.

7.1.1 Gemensamma förutsättningar för initialt brandförlopp

Branden antas i alla tre brandscenarierna starta på ett liknande sätt. Brandrummet antas vara en klädbutik eller liknande butik med en hög brandbelastning och förutsättning för att branden ska kunna utvecklas snabbt. I figur 29 ges en illustration över hur flamspridningen antas ske, där flammorna först sprids upp med väggen och sedan åt sidorna. Då branden sprider sig på höjden längs med väggen sker det än snabbare än om flamspridningen sker horisontellt. Mängden luft mot brännbar yta blir också hög då kläder i regel är relativt luftigt upphängt.



Figur 29. Principen för flamspridning.

Från litteratur tas en del viktiga parametrar för branden fram för att ge en bild av vad som är rimligt. Ett föreslaget värde för en brand i ett köpcentrum är en fast α^2 -brand. Detta motsvarar ett $\alpha=0,047$ kW/s^2 (Staffansson, 2010). I försök där garderober med kläder fick brinna svarar dessa försök bra mot en fast-brand (Särdqvist, 1993).

En rimlig brandbelastning att använda som täcker in 80 % av verksamheten i köpcentrum är 730 MJ/m^2 golvarea (Boverket, 2008b).

Vid brand i den här typen av material bildas koldioxid (CO_2), kolmonoxid (CO) och sot som är de vanligaste ämnen som påverkar utrymningsförhållandena (SFPE, 2002). Produktionen av dessa ämnen och andra toxiska gaser är låg relativt volymen i byggnaden. Detta gör att temperaturen och sikten kommer att bli de begränsande faktorerna för när kritiska förhållanden uppstår.

Brandgaslagrets höjd antas inte vara en kritisk faktor att räkna på då det krävs att sikten samtidigt är låg för att kritiska förhållanden ska antas uppstå, därmed antas det vara tillräckligt att beräkna sikten.

Även om temperaturen i brandgaslagret antas kunna överstiga kritiska förhållanden antas detta bara gälla personer som befinner sig direkt i detsamma. Då byggnadens volym är relativt stor antas strålningen från brandgaslagret inte medföra kritiska förhållanden. Infallande strålning från flamman antas inte heller kunna medföra att kritiska förhållanden uppstår, se bilaga H.

7.1.2 Gemensamma förutsättningar för utrymning

Som framgår i avsnitt 2 har Sollentuna centrum 18 000 – 19 000 besökare en normal dag. Öppettiderna varierar mellan 8 - 10 timmar per dag. För att ta fram ett lämpligt antal besökare för utrymningssimuleringarna jämförs antagna värden baserat på besöksstatistiken med Brandskyddshandbokens dimensionerande värden på persontäthet.

För persontäthet baserad på besöksstatistiken uppskattas ett värde utifrån siffrorna ovan. Dessa ger ett genomsnittligt besökarantal för köpcentret på 2 000 – 2 500 personer samtidigt. Besöksiffran kan dock antas vara högre kring lunch och kvällstid samt lägre vid öppning och stängning. Därför sätts troligt besökarantal till det dubbla, 4 000 – 5 000 personer, detta motsvarar cirka 0,25 personer/m².

I Brandskyddshandboken föreslås två alternativ; antingen en persontäthet på 0,5 personer/m² för hela köpcentret eller en persontäthet på 0,4 personer/m² för bottenvåningen och 0,2 personer/m² för övriga våningar. I det första fallet blir det totala antalet besökare 11 000 och i det andra fallet 8 000 – 9 000 personer. Det andra fallet anses troligare då köpcentret som mest, under jultid och liknande, har 25 000 besökare per dag. Detta antagande görs då det inte anses vara troligt att hälften av besökarna under en sådan dag befinner sig i köpcentret samtidigt.

Då de två persontätheterna är så olika görs bedömningen att simuleringarna i Simulex ska göras med båda persontätheterna. Den första, i fortsättningen kallad låg persontäthet, får beskriva utrymningen under normala omständigheter. Den andra, i fortsättningen kallad hög persontäthet, får beskriva utrymning under mer sällan förekommande tider med hög besöksfrekvens. Viktigt att tänka på är att besöksstatistiken visar på en 40%-ig ökning av besöksantalet medan simuleringarna sker med en 100%-ig ökning. Därmed kan simuleringarna med hög persontäthet ses som konservativa.

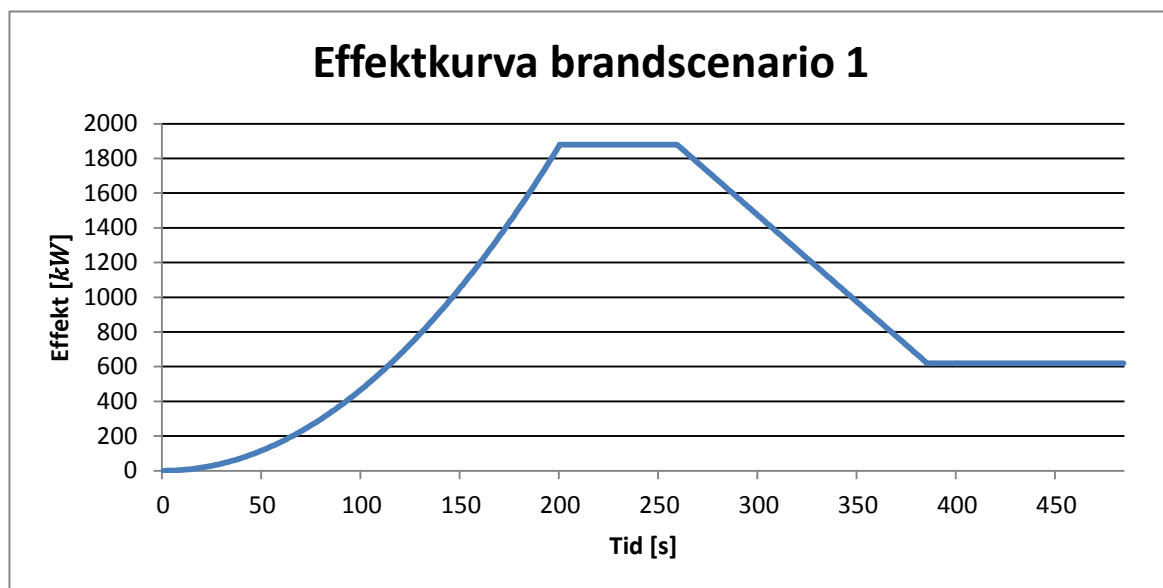
7.2 Brandscenario 1 – Brand i butik vid södra entrén

En brand startar i en butik vid entrén mot Aniaraplatsen markerad med stjärna i figur 28. Branden är placerad vid ingången till butiken från södra korridoren. Detta anses vara den sämsta placeringen då det medför att denna ingång inte kan användas som utrymningsväg. Röken kan därifrån lätt sprida sig ut till korridoren och övriga delar av köpcentret. När röken sprider sig utåt riskerar också entrén mot Aniaraplatsen att blockeras för utrymning från övriga delar av köpcentret.

7.2.1 Brand i brandscenario 1

För att bestämma tid till aktivering av brandlarm och sprinkler används Detact QS, se bilaga F. Då programmet räknar på ideala förhållanden för tid till aktivering antas en tid som antas stämma bättre överens med verkligheten. En rökdetektor antas detektera brand efter 60 sekunder och en sprinkler antas aktivera efter 200 sekunder.

En effektkurva konstrueras och regleras efter att sprinkler aktiverar en bit in i brandförloppet.



Figur 30. Konstruerad effektkurva för brandscenario 1.

Då sprinklersystemet aktiverar föreslås att effekten hålls konstant i en minut och efter det minskar till en tredjedel (Staffansson, 2010). Med dessa antaganden skulle effekten se ut enligt figur 30. Den maximala effekten blir då 2 MW.

7.2.2 Utrymning i brandscenario 1

I brandscenario 1 används de besökarantal som tidigare uppgetts. De utgångar och trappor som besökarna normalt använder är också de som kommer att användas i simuleringen. Brandrummet, ICA-butiken, entrén mot Aniaraplatsen samt södra korridoren kommer att påverkas av branden. Detta medför att entrén mot Aniaraplatsen bara kommer att kunna användas tidigt i utrymningsförloppet. Personer som befinner sig i ICA-butiken och i brandrummet kommer då till stor del få använda bakre utrymningsvägar.

Personer som befinner sig inom synhåll för branden är rimligtvis de som kommer att påbörja utrymning först. Personer som befinner sig i övriga delar av köpcentret kommer troligtvis att bli varse om branden först när brandlarmet har aktiverat.

7.3 Brandscenario 2 – Brand i butik med två våningsplan

Det andra scenariot som analyseras vidare är en brand i en butik vid Oasen som har en egen trappa inne i den egna lokalen upp till plan 2. Antändning och initiala utvecklingen av branden antas vara liknande som i brandscenario 1.

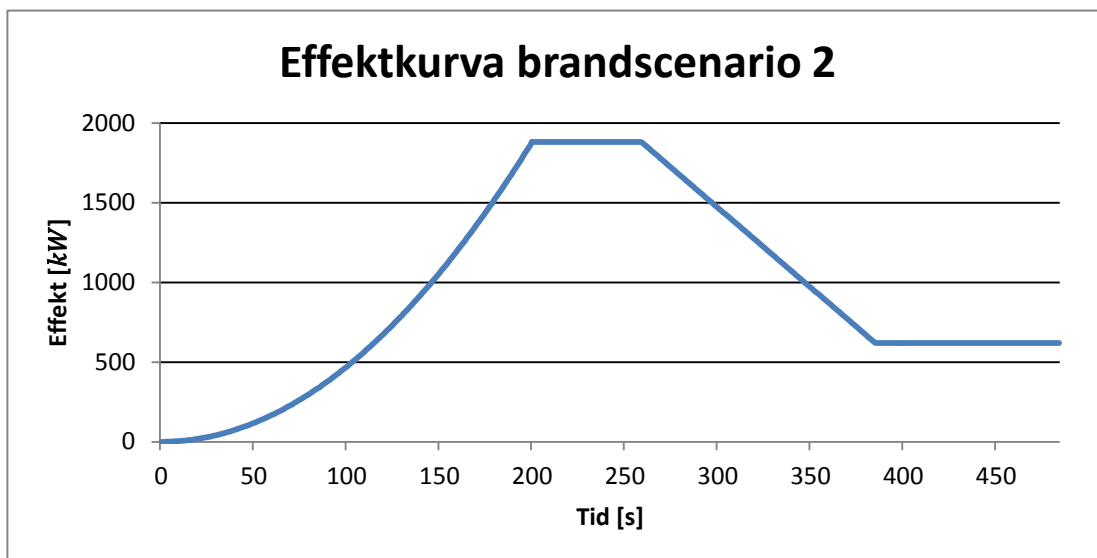


Figur 31. Exempel på en butik med två våningar.

7.3.1 Brand i brandscenario 2

I det här scenariot antas också sprinklersystemet fungera varvid Detact QS används för att beräkna tider till aktivering, se bilaga F. En rökdetektor antas detektera brand efter 60 sekunder och en sprinkler antas aktivera efter 200 sekunder enligt tidigare resonemang om programmets begränsningar.

Brandens tillväxt antas till samma som i brandscenario 1 där effekten efter sprinkleraktivering antas hållas konstant på 2 MW i 60 sekunder och sedan sjunka till en tredjedel som i figur 32.



Figur 32. Konstruerad effektkurva för brandscenario 2.

7.3.2 Utrymning i brandscenario 2

I brandscenario 2 sker utrymningen på liknande sätt som i brandscenario 1. Huvudentréerna samt garaget står som de viktigaste utrymningsvägarna. Inga bakre utrymningsvägar med direkt utgång till det fria används heller då brandrummet är placerat i köpcentrets inre delar. Därmed kommer inte någon av huvudentréerna blockeras i det initiala brandförloppet.

7.4 Brandscenario 3 – Brand i butik med två våningsplan utan sprinkleraktivering

Brandscenario 3 antas vara placerat i samma rum som brandscenario 2. Skillnaden här är att ingen sprinkler antas aktivera i detta brandscenario. Då det finns stora tilluftsöppningar och ett hål i innertaket kan större mängd syre tillföras än i ett scenario där det endast finns en dörröppning. Detta gör att branden kan nå en avsevärt högre effekt innan den blir ventilationskontrollerad, vilket är avsikten.

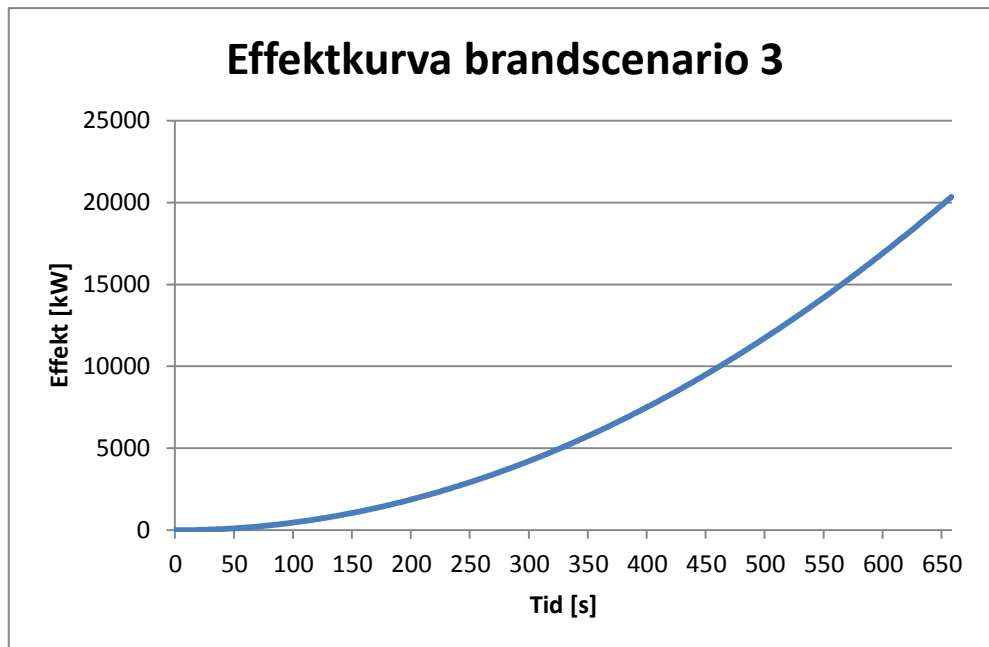
För att göra scenariot till värsta möjliga placeras branden plan 1 i butiken för att brandgaser ska kunna sprida sig båda uppåt genom termisk stigitkraft och längs med innertaket.

7.4.1 Brand i brandscenario 3

Tiden det tar tills två rökdetektorer har aktiverat antas även här vara 60 sekunder, se bilaga F.

I detta scenario blir brandens effekt och brinntiden enbart begränsad av den tillförda mängden syre och mängden brännbart material.

Maximala effekten antas kunna nå upp till 20 MW innan den blir ventilationskontrollerad. För beräkningsgång; se bilaga G.



Figur 33. Konstruerad effektkurva i brandscenario 3.

Effektutvecklingen skulle med ovanstående resonemang se ut som i figur 33. Efter 650 sekunder kommer effekten att vara konstant 20 MW fram till dess att mängden brännbart material tar slut eller

att branden släcks på annat sätt. Med antagen brandbelastning på 730 MJ/m² golvarea kan branden fortgå med denna effekt i 250 minuter.

7.4.2 Utrymning i brandscenario 3

I brandscenario 3 är förutsättningarna för utrymning gemensamma med förutsättningarna i brandscenario 2. Att sprinklersystemet inte fungerar antas inte påverka hur utrymningen sker.

7.5 Diskussion om val av brandscenarier

Enligt tidigare förda resonemang kring brandscenarier bedöms dessa scenarier vara de värsta troliga och täcka in övriga scenarier. De andra scenarier som inte analyseras vidare bedöms leda till liknande eller lindrigare konsekvenser. Även om dessa har bedömts ha högre sannolikheter väljs inte dessa då rapporten främst fokuserar på konsekvenser. Brand i kök är exempel på detta men då det finns punktskydd i alla kök och brandbelastningen antas vara lägre analyseras inte dessa scenarier vidare. Flera brandscenarier som är placerade på lager eller i mindre brandceller bedöms ha mindre konsekvenser då det inte finns lika mycket folk i rörelse på dessa ställen. Även om någon av dessa mindre incidenter kan leda till ekonomiska konsekvenser görs ingen vidare analys av dessa. Denna avgränsning görs dels på grund av att rapporten inte fokuserar på ekonomiska skador och dels för att åtgärder mot detta antas vara vidtagna då utrymningslarmet är tvådetektorsberoende.

Som tidigare nämnts förvaras stora mängder gasol i köpcentret. En olycka då säkerhetssystemen inte fungerar leder troligtvis till förödande konsekvenser. Sannolikheten för detta bedöms dock så låg att ingen vidare analys görs.

Inget scenario som tar hänsyn till de speciella evenemang som förekommer har analyserats i rapporten. Detta har inte gjorts då köpcentret anses ha goda förberedelser vid dessa tillfällen och det därmed inte förändrar riskbilden för byggnaden nämnvärt.

I rapporten görs enbart beräkningar på ett felfungerande sprinklersystem och inte något annat felfungerande aktivt system som till exempel brandgasfläktar eller utrymningslarm. Den stora volymen i köpcentret medför att det troligtvis krävs en stor icke sprinklerkontrollerad brand för att kritiska förhållanden ska kunna uppstå i övriga delar än brandrummet eller direkt anslutande utrymnen. Utan brandgasfläktar rökfylls köpcentret snabbare men detta anses inte medföra att kritiska förhållanden uppstår lika fort som en icke sprinklerkontrollerad brand. Dessutom finns det fyra brandgasfläktar installerade vilket minskar sannolikheten för att hela systemet fallerar. Ett felfungerande utrymningslarm anses inte heller vara av lika stor vikt att analysera. Detta beror på ovanstående resonemang att de som riskerar att utsättas för kritiska förhållanden troligtvis måste befinna sig i brandrummet eller direkt anslutande utrymnen om branden är sprinklerkontrollerad. Därmed antas dessa kunna se branden och påbörja utrymning utan att utrymningslarmet startar.

Sammanfattningsvis kan det sägas att valda scenarier representerar brandscenarier placerade på de två platser där de troligtvis leder till störst konsekvenser. Anledningen till att branden placerades vid entrén mot Aniaraplatsen är för att det antogs vara den värsta placeringen då ICA ligger mittemot. Därför ansågs inte en brand vid någon av de andra entréerna vara relevant att analysera vidare.

8. Simuleringar

Det här kapitlet behandlar utrymnings- och brandsimuleringar i simulex respektive FDS.

8.1 Brandsimuleringar

8.1.1 Antaganden i FDS

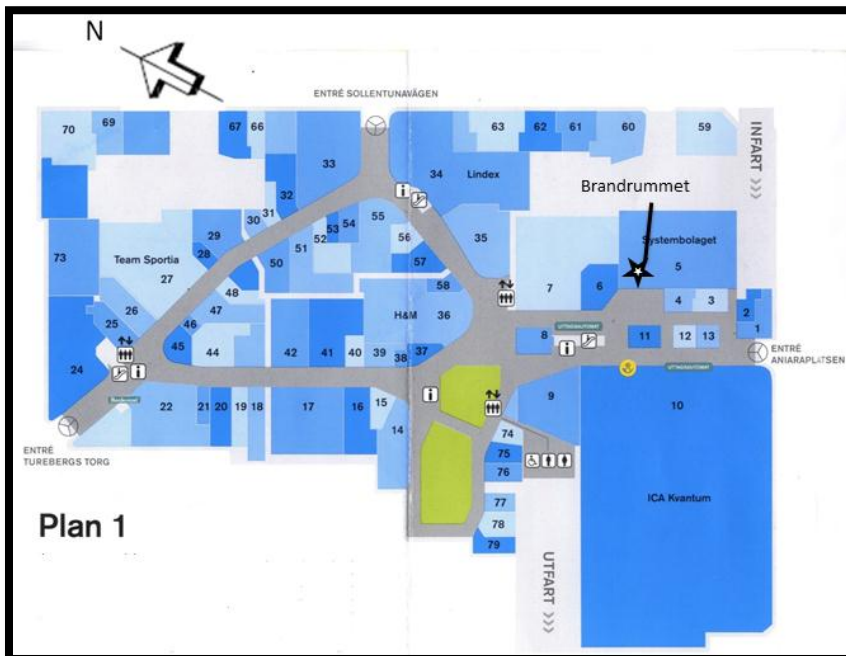
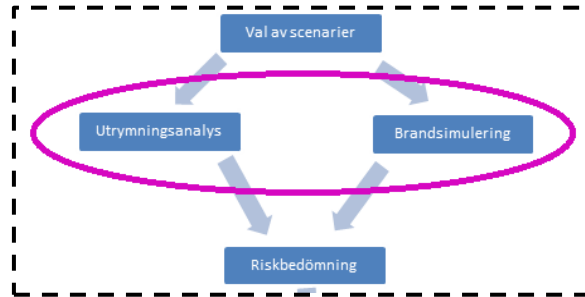
För att göra arbetsbelastningen överkomlig har förenklingar i framförallt geometrierna i simuleringarna gjorts. Geometrierna har även begränsats av cellstorleken som har använts. Detta har medfört att vissa avrundningar har fått göras.

Alla mindre butiker som inte är delaktiga i brandförloppet har bortsetts från i simuleringen. Det gäller också den nordöstra korridoren. Dessa förenklingar har gjorts då ingen tilluft finns i dessa delar och därmed inte antas påverka brandgasspridningen nämnvärt.

Halva dörrarna är blockerade första 300 sekunderna. Detta ska illustrera människor som utrymmer. Efter 300 sekunder antas de flesta människorna ha hunnit utrymma och hela arean i dörröppningarna fungerar då som tilluft. Fläktarna antas starta automatiskt efter 60 sekunder då detektering av brand antas ske.

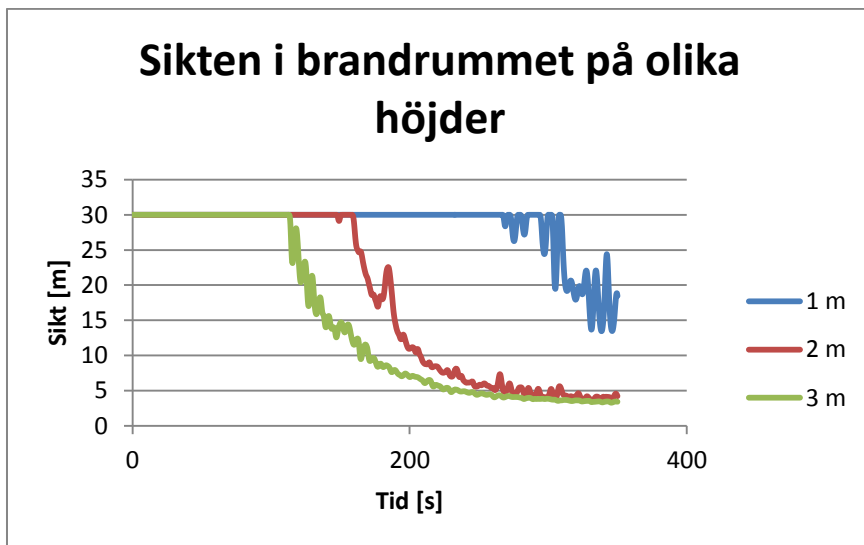
8.1.2 Brandscenario 1 – Brand i butik vid södra entrén

Branden tillväxer kvadratisk och når sin maximala effekt, 2 MW, efter 200 sekunder.

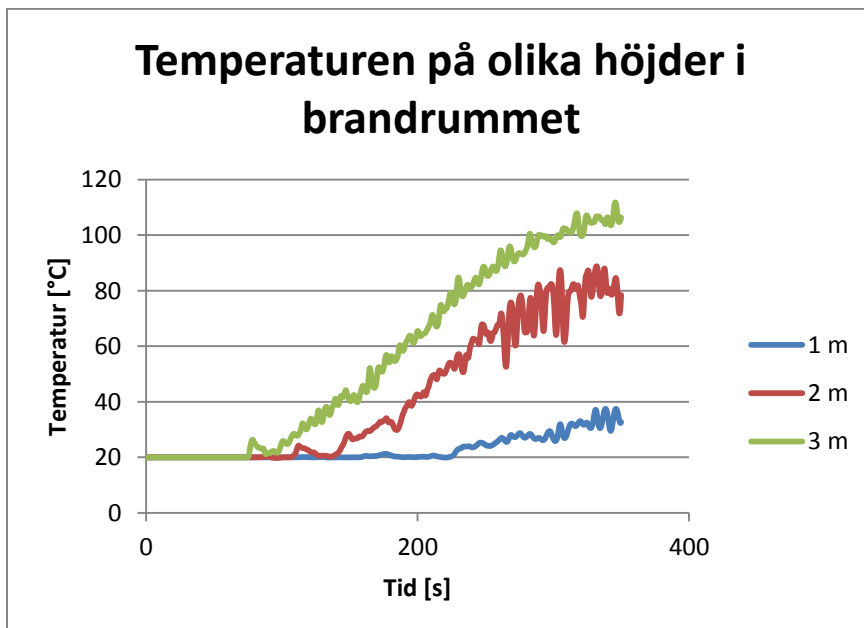


Figur 34. Brandrummets placering i brandscenario 1. *Originalbild: Sollentuna centrum Tour Guide. Redigerad av Emma Dahlstrand 2011-05-01.*

I figur 34 visas vart Branden startar, det är även från detta rum som nedanstående resultat redovisas.

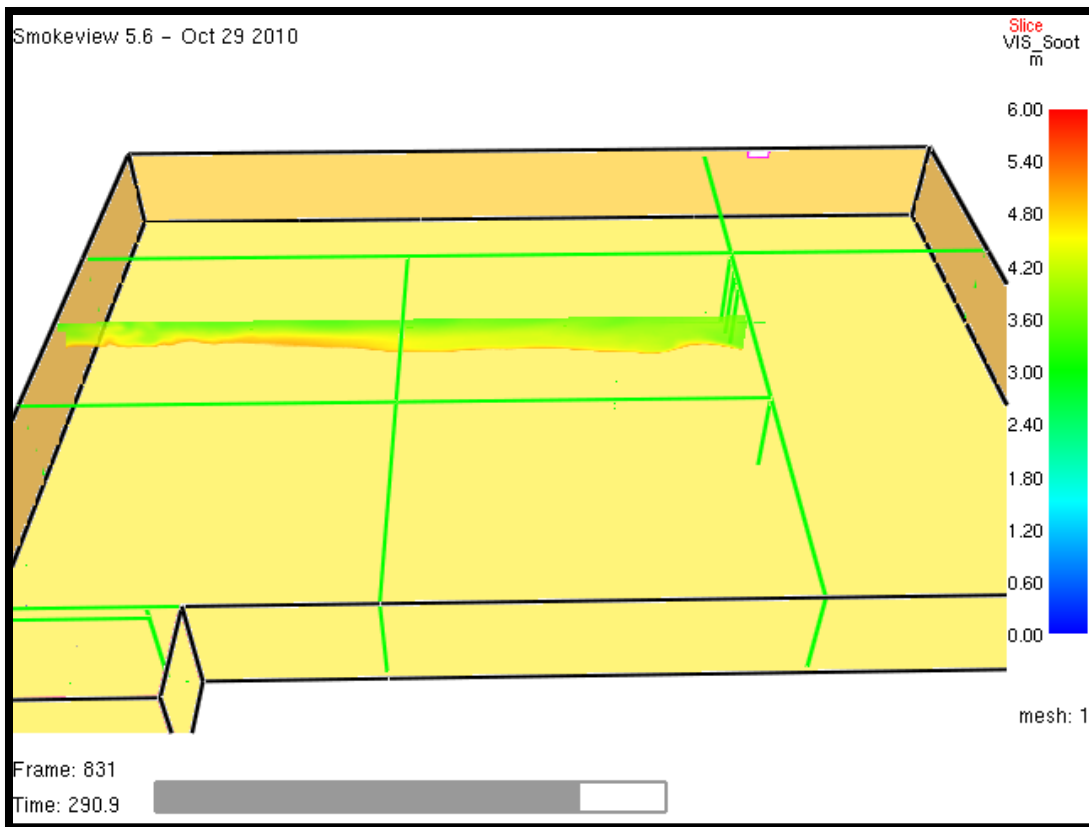


Figur 35. Sikt i brandrummet, skalan till höger anger höjd över golvet.



Figur 36. Temperatur i brandrummet, färgen till höger anger höjd över golvet.

Både temperaturen och sikten når kritiska förhållanden ungefär samtidigt 3 meter ovanför golvet, detta sker efter drygt 200 sekunder. 2 meter över golvet nås kritiska förhållanden efter ca 300 sekunder.

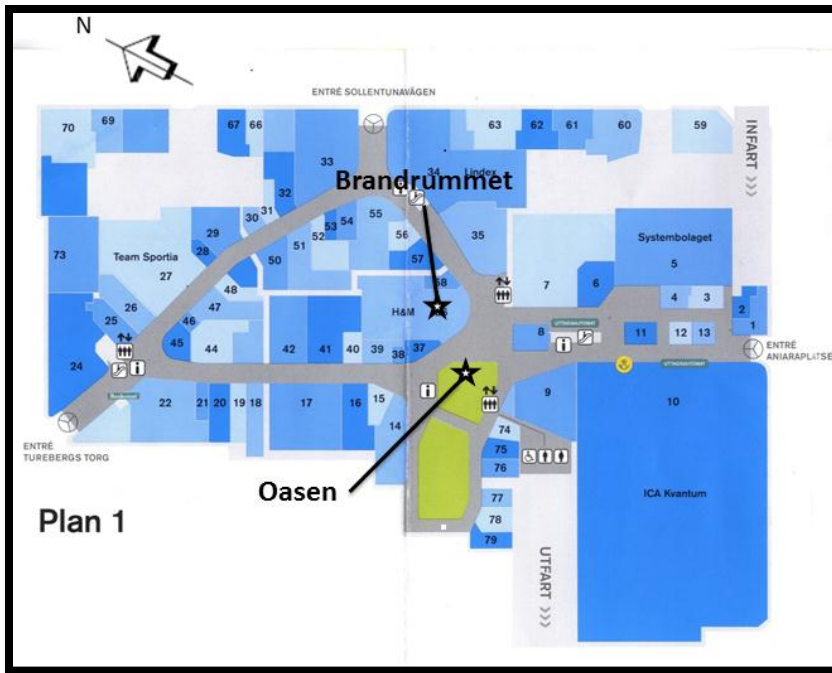


Figur 37. Illustration av sikten i brandrummet. Färgskalan till höger anger sikten i meter.

Då det knappt uppstår kritiska förhållanden i övriga delar av köpcentret redovisas övriga resultat av simuleringen i bilaga B.

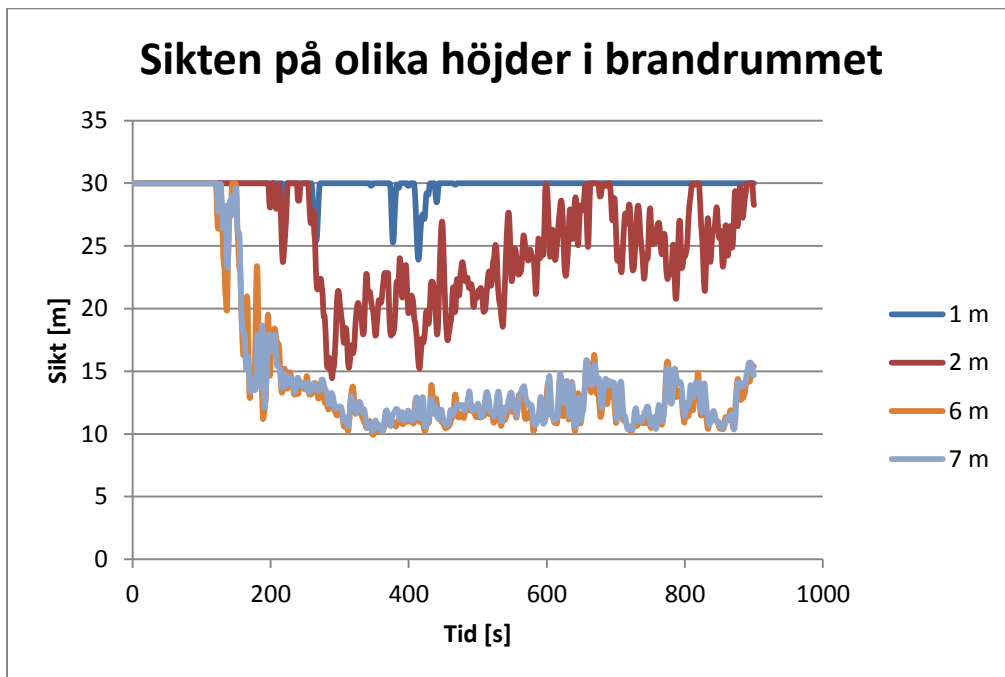
8.1.3 Brandscenario 2 - Brand i butik med två våningar

Samma antaganden för branden som i simuleringen för brandscenario 1 har gjorts i detta scenario. Branden når därmed 2 MW efter 200 sekunder och är placerad nära ingången till butiken.

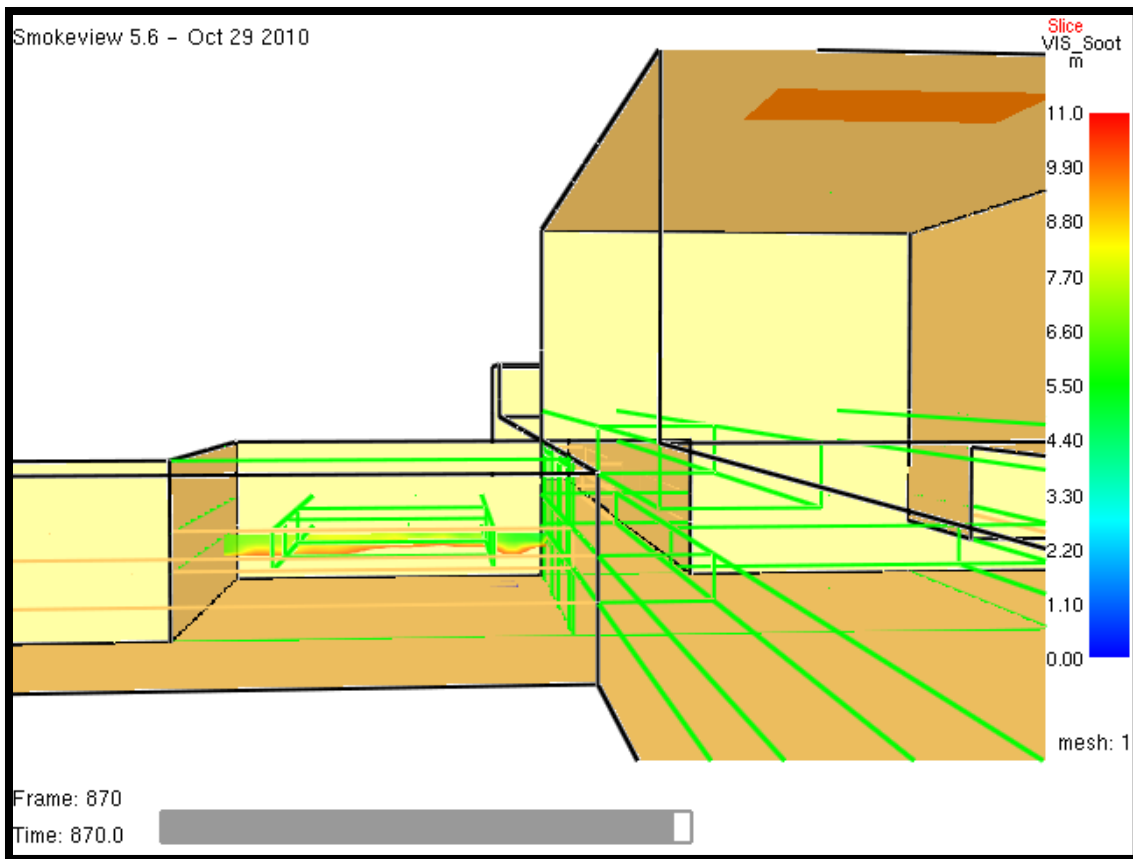


Figur 38. Brandrummets placering i brandscenario 2. *Originalbild: Sollentuna centrum Tour Guide. Redigerad av Emma Dahlstrand 2011-05-01.*

Branden startar här i rummet som visas i figur 38.



Figur 39. Sikt i brandrummet, färgen till höger anger höjd över golvet. I figuren syns att kritiska förhållanden aldrig uppstår.

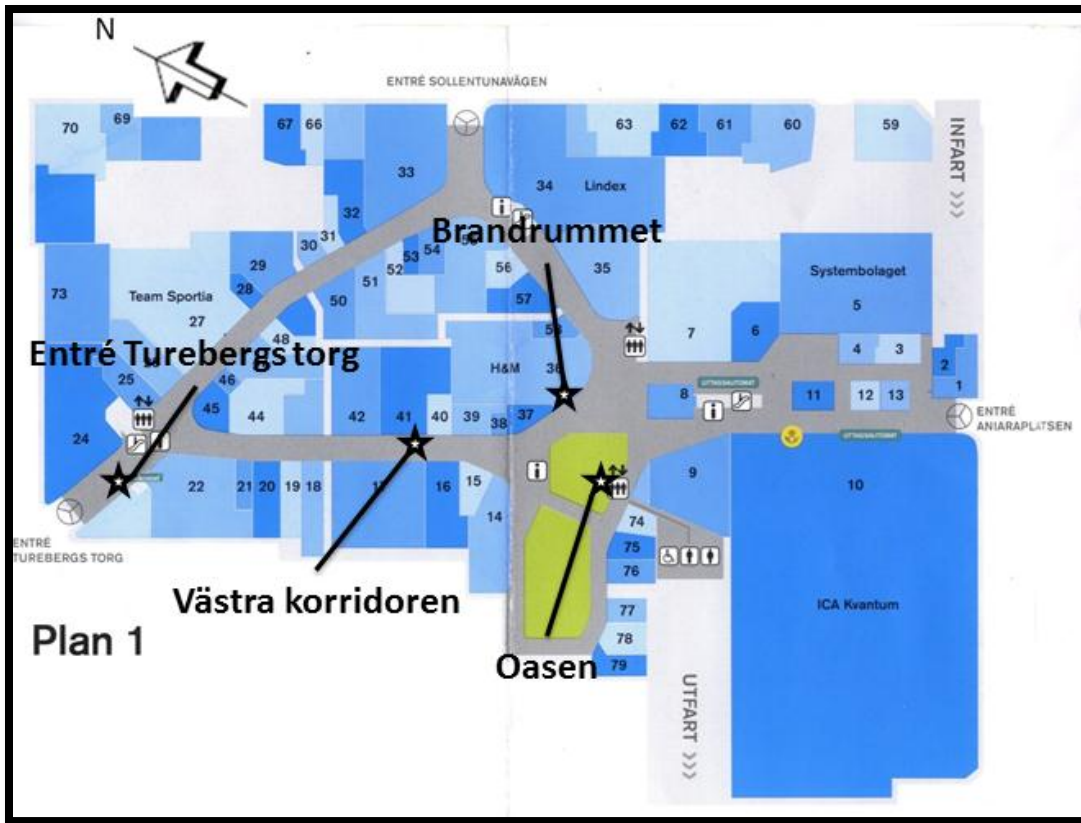


Figur 40. Illustration av sikten i brandrummet. Färgskalan till höger anger sikten i meter.

Då det knappt uppstår kritiska förhållanden i övriga delar av köpcentret redovisas övriga resultat av simuleringen i bilaga B.

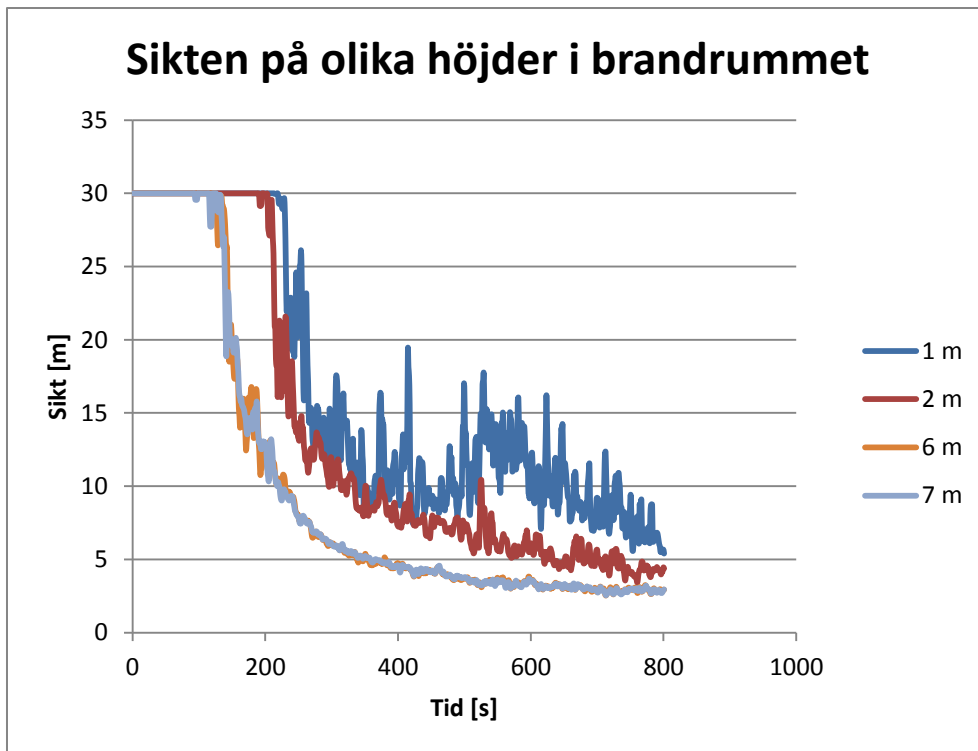
8.1.4 Brandscenario 3 – Brand i butik med två våningar utan sprinkleraktivering

Branden är här placerad på samma ställe som i brandscenario 2 och tillväxer kvadratisk upp till 2 MW vid 200 sekunder. Efter det sker en linjär utveckling upp till 20 MW vid 650 sekunder. Därefter är effekten konstant.

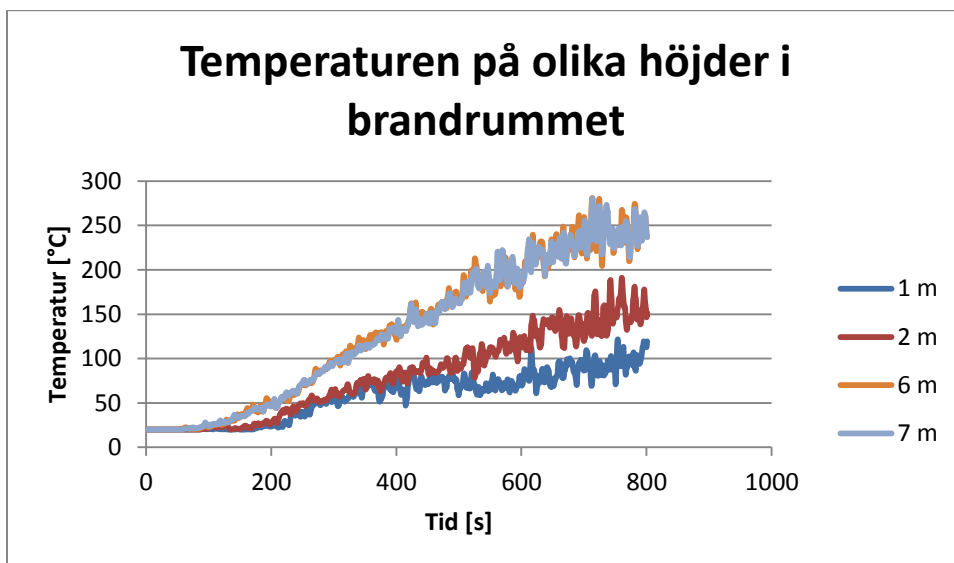


Figur 41. Karta över brandscenario 3. Originalbild: Sollentuna centrum Tour Guide. Redigerad av Emma Dahlstrand 2011-05-01.

I detta brandscenario sprider sig brandgaserna framför allt i västra korridoren och till entré Turebergs torg.

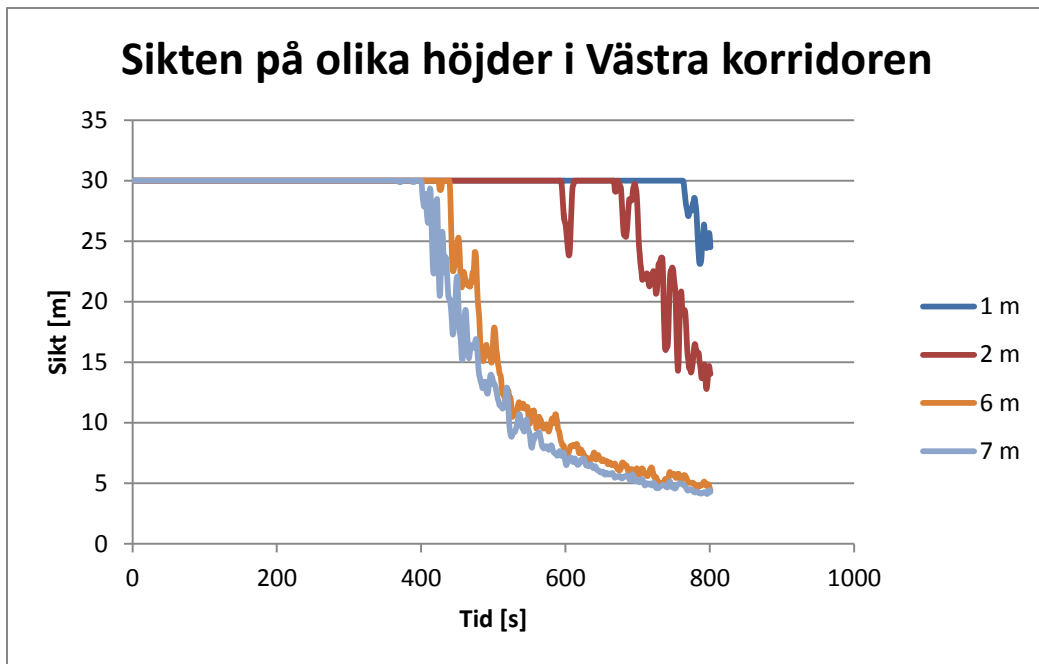


Figur 42. Sikt i brandrummet, färgen till höger anger höjd över golvet.



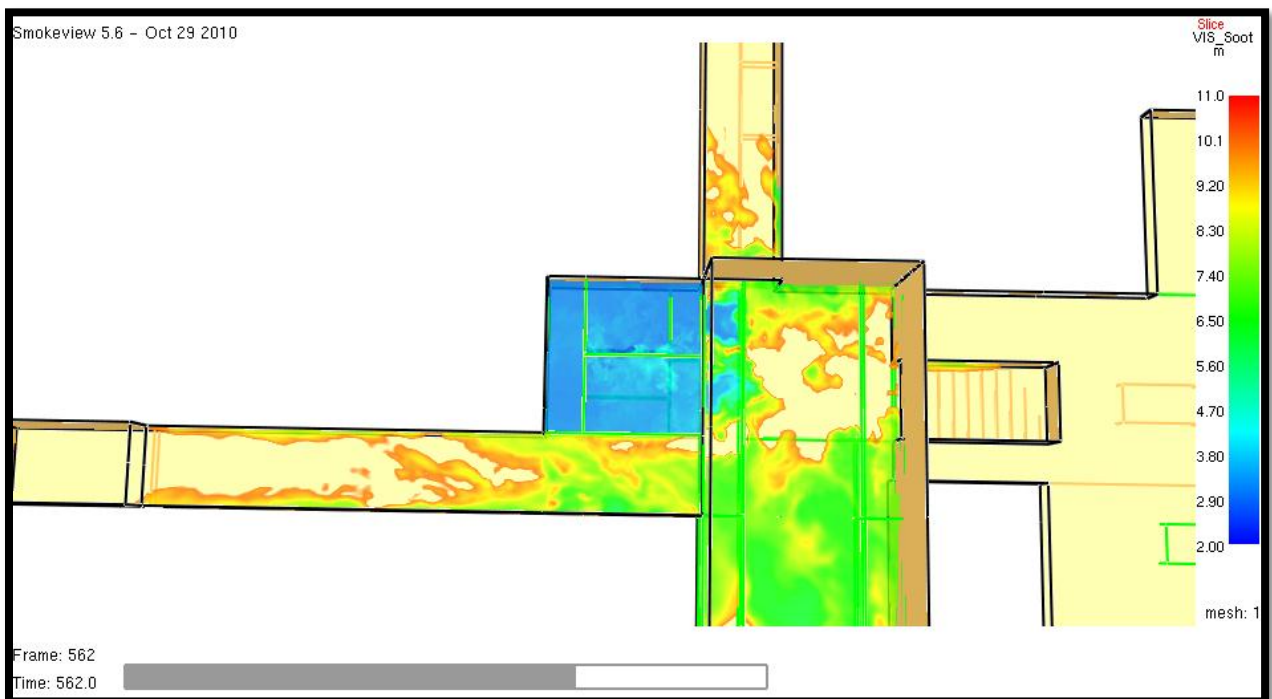
Figur 43. Temperatur i brandrummet, färgen till höger anger höjd över golvet.

Kritiska förhållanden med avseende på sikt och temperatur uppstår ungefär samtidigt på andra våningen i brandrummet. Detta sker efter ungefär 250 sekunder.

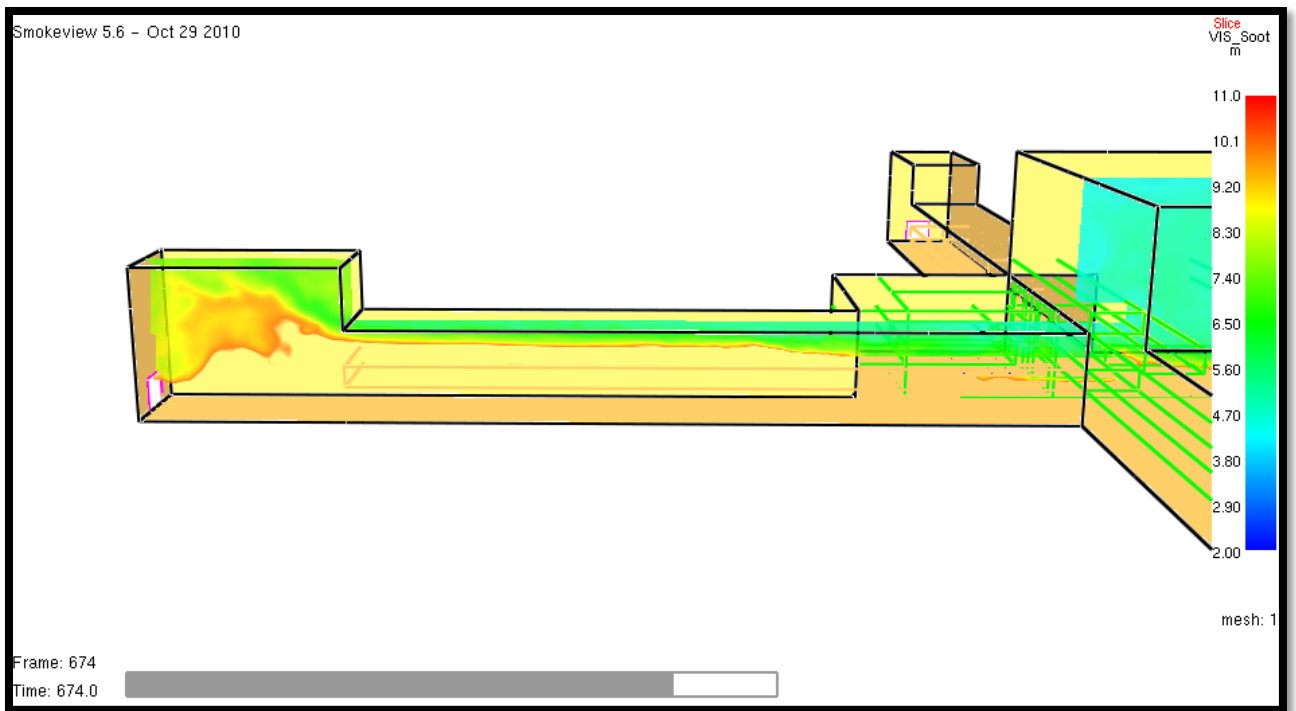


Figur 44. Sikt i västra korridoren, färgen till höger anger höjd över golvet på plan 1.

I detta brandscenario sprider sig tillräckligt mycket brandgaser till den västra korridoren för att kritiska förhållanden ska uppstå också här. Detta sker efter ungefär 500 sekunder.



Figur 45. Illustration av siktsträckan, 2 meter ovan golv på plan 2, i brandrummet, oasen, västra- och östra korridoren. Färgskalan till höger anger siktsträcka.



Figur 46. Illustration av sikt i västra korridoren.

Figur 45 och figur 46 visar hur brandgaserna sprider sig i västra korridoren och till entré Turebergs torg. Kritiska förhållanden uppstår vid entrén efter knappt 700 sekunder.

8.2 Utrymningssimuleringar

Utrymningssimuleringarna som görs i Simulex är tänkta att skapa en bild över hur lång tid det kan tänkas ta att utrymma byggnaden under olika omständigheter. Nedan beskrivs hur simuleringarna har genomförts. Resultaten från Simulex verifieras därefter med handberäkningar.

8.2.1 Indata för Simulex-simuleringar

Här beskrivs indata för de tre scenarierna. För brandscenario 2 och 3 görs bara en utrymningssimulering då utrymningen antas ta lika långt tid oavsett om sprinklersystemet fungerar eller inte. En förenkling i Simulex görs genom att inte ta med någon butiksinredning, vilket underlättar utrymningen. I gengäld blir antalet personer högre med en given persontäthet eftersom de nyttjar hela butikens yta.

I simuleringarna har i första hand utgångar och trappor använts som besökarna normalt använder. Det innebär att de tre huvudentréerna på plan 1 samt utgångarna till parkeringsgaraget på plan 2 och 4 i huvudsak har använts. En bakre utrymningstrappa mellan plan 1 och 2 har gjorts tillgänglig för att motsvara att en mindre mängd personer använder de inre utrymningsvägarna. Denna leder inte direkt ut i det fria utan fortsatt utrymning sker då genom en huvudentré på plan 1.

I gymmet antas att den bakre utrymningsvägen används. Detta antagande görs då personalen förmodligen känner till denna väg och att lokalen är relativt liten vilket gör att det är lätt att hitta den. Oasen rökfylls också relativt fort vilket gör att besökarna antas föredra en annan utrymningsväg.

Beroende på var personer befinner sig i byggnaden väljs olika förberedelsetider. Alla fördelningar är uniformt fördelade och motiveras närmre nedan.

Den förinställda kategorin "shoppers" användes i Simulex för fördelning av ålder och kön. Den innehåller en blandad grupp av personer med såväl unga som gamla och män som kvinnor och anses av författarna att väl representera det urvalet av människor som brukar befinna sig där.

8.2.1.1 Brandscenario 1

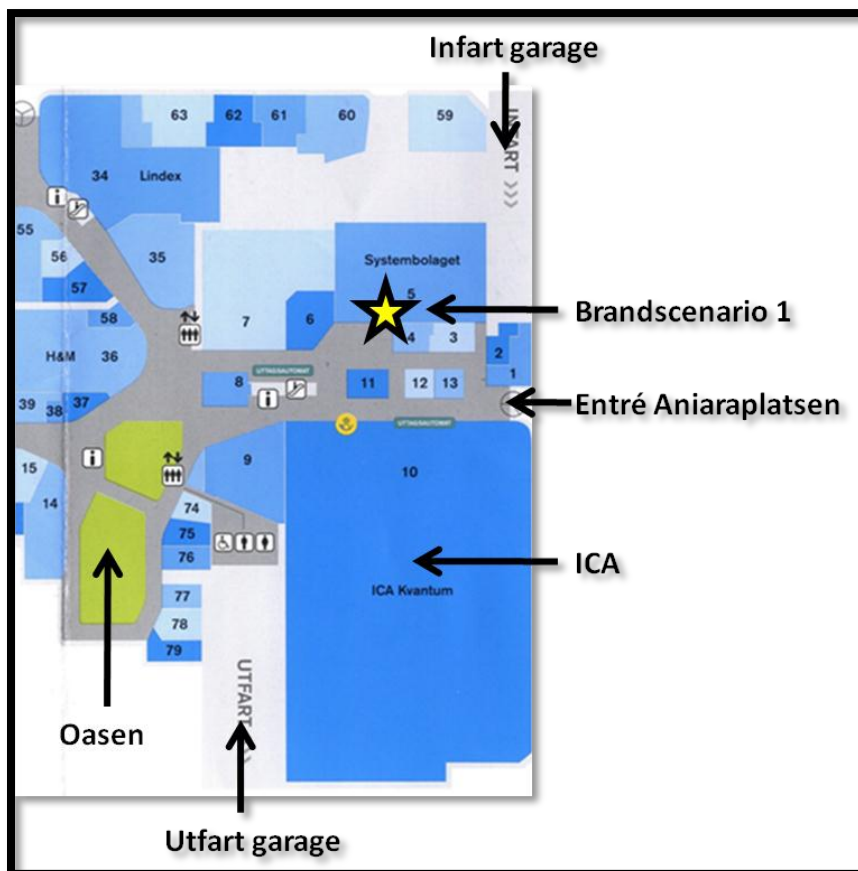
I brandscenario 1 blev antalet personer i byggnaden 4 511 med den låga persontätheten och 9 059 personer med den höga persontätheten. Besökantalet bygger på de resonemang som togs upp i kapitel 7.1.2.

I den här simuleringen har de bakre utgångarna i brandrummet samt ICA-butiken öppnats. Då branden i brandrummet startar vid utgången antas alla utrymma via de bakre utrymningsvägarna. I ICA-butiken antas kunder från en bit bakom kassorna och bakåt utrymma genom de två utrymningsvägarna längst in i butiken.

Förberedelsetiderna är satta till 30 sekunder ± 15 sekunder i brandrummet, 60 sekunder ± 30 sekunder i södra korridoren och en bit in i ICA-butiken samt 120 sekunder ± 30 sekunder för övriga byggnaden.

Tiden i brandrummet kan tyckas kort men branden utvecklas i sådan fart att det anses som rimligt att personerna snabbt inser faran och väljer att utrymma. På grund av svårigheterna att kvantifiera har förbrinntiderna inte räknats med. I södra korridoren är tiden något längre då de som står i anslutning till butiken väntas reagera lika snabbt som de som står i den. Samtidigt är varseblivningstiden för de

som befinner sig kring kassorna i ICA-butiken något längre. Den tiden blir därmed något av ett medelvärde för dessa personer.



Figur 47. Omgivningsbeskrivning för brandscenario 1. Originalbild: Sollentuna centrum Tour Guide. Redigerad av Emma Dahlstrand 2011-05-01.

8.2.1.2 Brandscenario 2 och 3

I brandscenario 2 och 3 blev det totala antalet personer 4 517 respektive 8 640. Även här bygger förutsättningarna på resonemanget i kapitel 7.1.2. Förutom de utgångar som redan nämnts används trappan i Oasen mellan plan 1 och plan 2.

Då tillväxthastigheten även i denna brand anses vara snabb sattes förberedelsetiden till 30 sekunder ± 15 sekunder i brandrummet, 60 sekunder ± 30 sekunder i Oasens ytor närmast ingångarna för butiken samt 120 sekunder ± 30 sekunder för övriga byggnaden.

8.2.2 Summering av Simulex-simuleringar

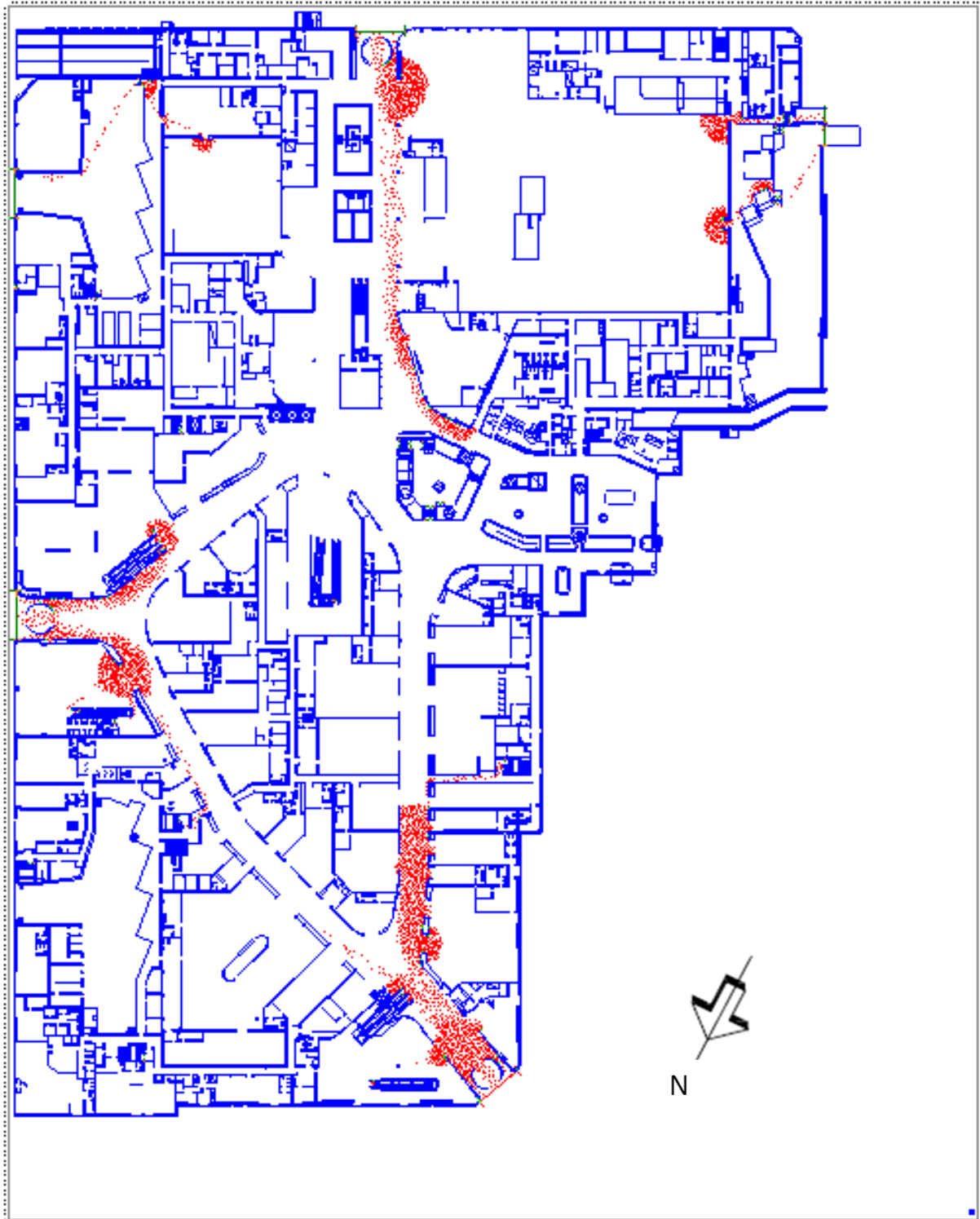
Utfallet från simuleringarna presenteras här nedan. Resultaten finns även i tabellform i avsnitt 8.2.3. Generellt för alla simuleringarna gäller att plan 4, där gymmet finns, blir utrymt först. Plan 2 töms före plan 1 då en stor del av utrymningen för plan 2 sker via plan 1. Att räkna utan inredning antas i det här fallet vara konservativt, eftersom flaskhalsen är köbildningen vid dörrar.

8.2.2.1 Brandscenario 1

Utrymningen i simuleringen med den låga persontätheten tog drygt 9 minuter. Själva brandrummet töms på knappt två minuter. Utrymningen från plan 2 till plan 1 via rulltrapporna vid entrén mot Sollentunavägen påverkas negativt av personer som kommer från Oasen. Trots att utrymme finns i

korridoren krockar dessa personer och utrymningen från plan 2 står praktiskt taget stilla tills att Oasen och den östra korridoren är tömd. Liknande effekter finns på andra ställen.

Med den höga persontätheten tar utrymningen knappt 12 minuter. I brandrummet ökar tiden för utrymning till drygt fem minuter. Problemen med krockar mellan olika utrymnande grupper framträder än tydligare här.

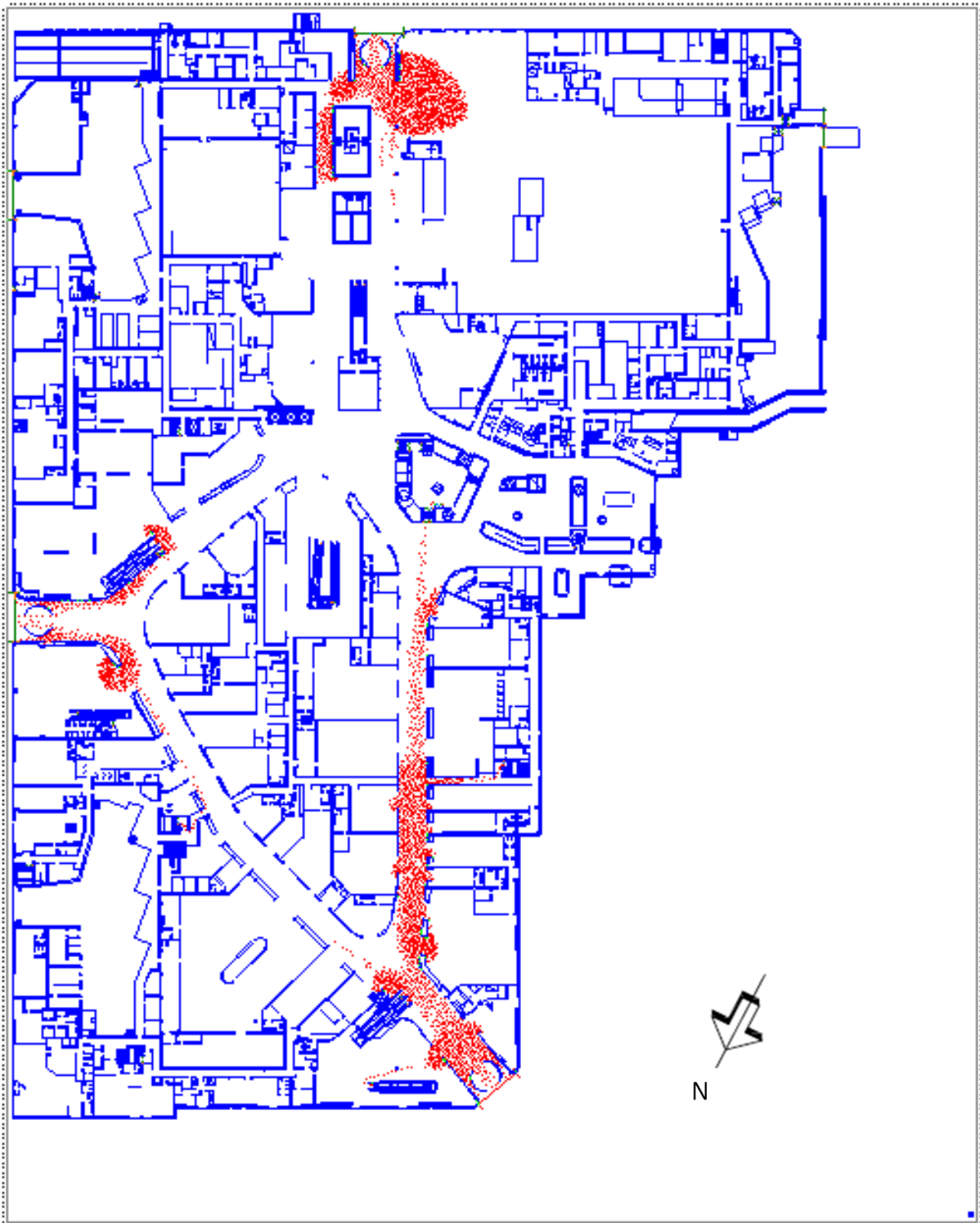


Figur 48. Simulering av utrymningen i brandscenario 1 med hög persontäthet efter 4,5 minuter.

8.2.2.2 Brandscenario 2 och 3

Simuleringen av brandscenario 2 och 3 gav en total utrymningstid på knappt tio minuter i fallet med låg persontäthet. Butiken har två breda utgångar varför utrymning från brandrummet klaras av på ungefär två minuter i båda planen. Utrymmande personer i Oasen och dess närhet förväntas inte utrymma genom den östra korridoren då de måste passera den brinnande butiken på vägen ut.

I simuleringen med hög persontäthet tar utrymningen totalt 14 minuter. Brandrummen utryms på 3-3,5 minuter. Här accelererar problemen med utnyttjande av utrymningsbredd. Från ICA-butiken vill alla personer ta den närmaste vägen, vilket betyder en stor gruppering vid rundning av hörnet och som i sin tur medför att bara en sidodörr används i entrén. Detta betyder att utrymningen från ICA-butiken bör gå fortare i en verklig utrymningssituation.



Figur 49. Simulering av utrymningen i brandscenario 2 och 3 med hög persontäthet efter 4,5 minuter.

8.2.3 Sammanfattning av utrymningssimuleringar

Nedanstående tabeller visar utdata i form av tider ur brandsimuleringar och utrymningssimuleringar.

8.2.3.1 Scenario 1

Tabell 2. Tillgängliga tider respektive utrymningstider för brandscenario 1.

Utrymme	Tid till kritiska förhållanden	Utrymningstid 4511 personer	Säkerhetsmarginal	Utrymningstid 9059 personer	Säkerhetsmarginal
Brandrummet	300	100	200	320	-20
Södra korridoren	600	240	360	590	10
ICA	600	220	380	410	190
Oasen, plan 1	Aldrig	330	-	340	-
Oasen, plan 2	800	390	410	420	380
Oasen, plan 4	500	310	190	340	160
Östra korridoren, plan 1	Aldrig	560	-	620	-
Östra korridoren, plan 2	800	440	360	500	300
Västra korridoren, plan 1	Aldrig	500	-	710	-
Västra korridoren, plan 2	830	420	410	570	260

I tabellen ovan kan det utläsas att en negativ säkerhetsmarginal endast uppstår i ett fall. Detta är i brandrummet där säkerhetsmarginalen nära noll då persontätheten är hög.

8.2.3.2 Scenario 2

Tabell 3. Tillgängliga tider respektive utrymningstider för brandscenario 2.

Utrymme	Tid till kritiska förhållanden	Utrymningstid 4517 personer	Säkerhetsmarginal	Utrymningstid 8640 personer	Säkerhetsmarginal
Brandrummet plan 1	Aldrig	120	-	190	-
Brandrummet plan 2	600 sekunder	130	470	210	450
Oasen, plan 1	Aldrig	330	-	380	-
Oasen, plan 2	Aldrig	260	-	300	-
Oasen, plan 4	Aldrig	310	-	340	-
Östra korridoren, plan 1	Aldrig	590	-	770	-
Östra korridoren, plan 2	Aldrig	480	-	660	-
Västra korridoren, plan 1	Aldrig	580	-	840	-
Västra korridoren, plan 2	Aldrig	490	-	640	-
Södra korridoren	Aldrig	400	-	830	-

I tabellen ovan kan det utläsas att kritiska förhållanden nästan aldrig uppstår i byggnaden under den tid som simuleringen pågick.

8.2.3.3 Scenario 3

Tabell 4. Tillgängliga tider respektive utrymningstider för brandscenario 3.

Utrymme	Tid till kritiska förhållanden	Utrymningstid 4517 personer	Säkerhetsmarginal	Utrymningstid 8640 personer	Säkerhetsmarginal
Brandrummet plan 1	Aldrig	120	-	190	-
Brandrummet plan 2	340	130	210	210	130
Oasen, plan 1	Aldrig	330	-	380	-
Oasen, plan 2	500	260	240	300	200
Oasen, plan 4	Aldrig	310	-	340	-
Östra korridoren, plan 1	800	590	210	770	30
Östra korridoren, plan 2	570	480	90	660	- 90
Västra korridoren, plan 1	730	580	150	840	-110
Västra korridoren, plan 2	600	490	110	640	-40
Södra korridoren	Aldrig	400	-	830	-

I tabellen ovan kan det utläsas att kritiska förhållanden uppstår på ett flertal ställen i byggnaden. Säkerhetsmarginalen blir också i tre fall negativ då persontätheten är hög.

I den östra korridoren bör det påpekas att kritiska förhållanden inte uppstår i samma del som utrymmande personer befinner sig i vid tiden för kritiska förhållanden.

I den västra korridoren blir säkerhetsmarginalen i det värsta fallet negativ med ungefär två minuter, en fortsatt diskussion av detta resultat sker i avsnitt 9.

8.2.3.4 Total utrymningstid handberäkning/Simulex

En jämförelse görs mellan handberäknad utrymningstid och simulering i Simulex. Fullständig beräkningsgång redovisas i bilaga C.

Tabell 5. Jämförelse mellan handberäknade utrymningstider och simulex.

Scenario/persontäthet	Handberäkning	Handberäkning med förflyttnings- och förberedelsetid	Simulex	Tidsskillnad
Scenario 1 låg	210	390	560	170
Scenario 1 hög	420	600	710	110
Scenario 2 o 3 låg	260	440	590	150
Scenario 2 o 3 hög	490	670	840	170

8.2.4 Diskussion om utrymningssimuleringar

Utrymningssimuleringarna ska beskriva hur en utrymning kan se ut samt ge en fingervisning om hur lång tid det kan ta att utrymma en byggnad. Simuleringsprogrammet Simulex är en bra hjälp för att genomföra dessa. Det ger en god möjlighet att visuellt se hur utrymningen sker och ger en bild av hur lång tid utrymningen kan ta. För att validera datorsimuleringarna har även handberäkningar gjorts som jämförs med simuleringarna.

Att programmet bygger på formler ur fluidteori märks bland annat då besökare ska runda hörn och passera varandra i smala korridorer. Kring hörnen bildas gärna en kö för att kunna passera istället för att använda hela den yta som finns tillgänglig. Även i större dörröppningar som huvudentréerna utnyttjas dörrbredden dåligt då besökarna har en tendens att söka sig till korridorernas kanter vilket kan göra att utrymningstiden förlängs.

I korridorer med bredd för att kunna passera kan så få besökare som tre – fyra stycken som ska mötas göra att det blir totalstopp. Detta har medfört att vissa justeringar i tillgängliga utrymningsvägar har fått göras.

Handberäkningen ger att resultaten i Simulex kan anses bekräftade. Den kortare tiden i handberäkningarna beror på att utrymningsvägarna inte är fullt utnyttjade under hela utrymningsförloppet samt att alla utgångar inte har en jämn balans mellan antal utrymmande och tillgänglig dörrbredd.

9. Riskbedömning

Resultaten av utrymnings- och brandsimuleringarna för de tre framtagna brandscenarierna ger underlag för en riskbedömning.

Säkerhetsmarginalen för de tre olika brandsceniernas redovisas i tabellform i avsnitt 8.3. I brandscenario 2 blir säkerhetsmarginalen positiv med stor marginal i alla utrymmen.

Ingen fortsatt diskussion anses därför vara nödvändig. Däremot påvisas negativa säkerhetsmarginaler både i brandscenario 1 och brandscenario 3.

De negativa säkerhetsmarginalerna inträffar då följande händelser sammanfaller samtidigt för respektive scenario:

De negativa säkerhetsmarginalerna inträffar då följande händelser sammanfaller samtidigt för respektive scenario:

Brandscenario 1

- Hög persontäthet.
- En utrymningsväg från brandrummet blockeras av branden.

Brandscenario 3

- Hög brandeffekt (20 MW).
- Sprinklersystem är ur funktion.
- Hög persontäthet.
- Få nödutgångar används, på bottenplan används endast huvudentréerna.

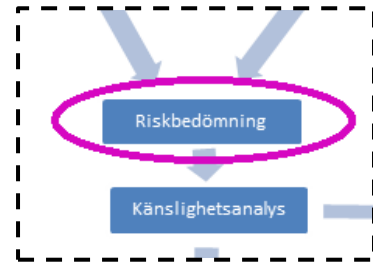
9.1 Brandscenario 1

Att det befinner sig ett så stort antal personer i köpcentret som antagits i simuleringarna antas inte vara orimligt men förekommer troligtvis endast ett fåtal dagar per år. Det anses alltså inte vara troligt att det befinner sig fler personer än vad som har använts i simuleringarna. Samtidigt blockerar branden den ordinarie entrén till butiken och därmed finns endast en utrymningsväg att tillgå. Med tillväxthastigheten som har använts bör varseblivnings- och förberedelse tiden vara kortare än de 45 sekunder som använts i simuleringarna. Åtminstone i närheten av branden.

Dessutom simulerades branden i FDS med en konstant effekt på 2 MW efter att sprinkler antogs aktivera. Hade effektkurvan som togs fram i avsnitt 7 använts hade det gett en längre tid till kritiska förhållanden uppstår.

Ovanstående resonemang visar på att simuleringarna har varit konservativa med avseende på dessa tre parametrar. Kritiska förhållanden uppstod på grund av att sikten blev mindre än 5 meter. Detta anses vara av mindre betydelse då de personer som befann sig i denna miljö hade kortare väg än 5 meter till utgången och därmed fortfarande hade goda chanser att kunna utrymma. Det var även så att det endast var ett fåtal personer som befann sig i sådan miljö under en kortare tid då säkerhetsmarginalen var nära noll.

Krav på åtgärder anses därmed inte behövas i detta fall men ett vidare resonemang hur enklare åtgärder kan öka säkerheten förs i bilaga I.



9.2 Brandscenario 3

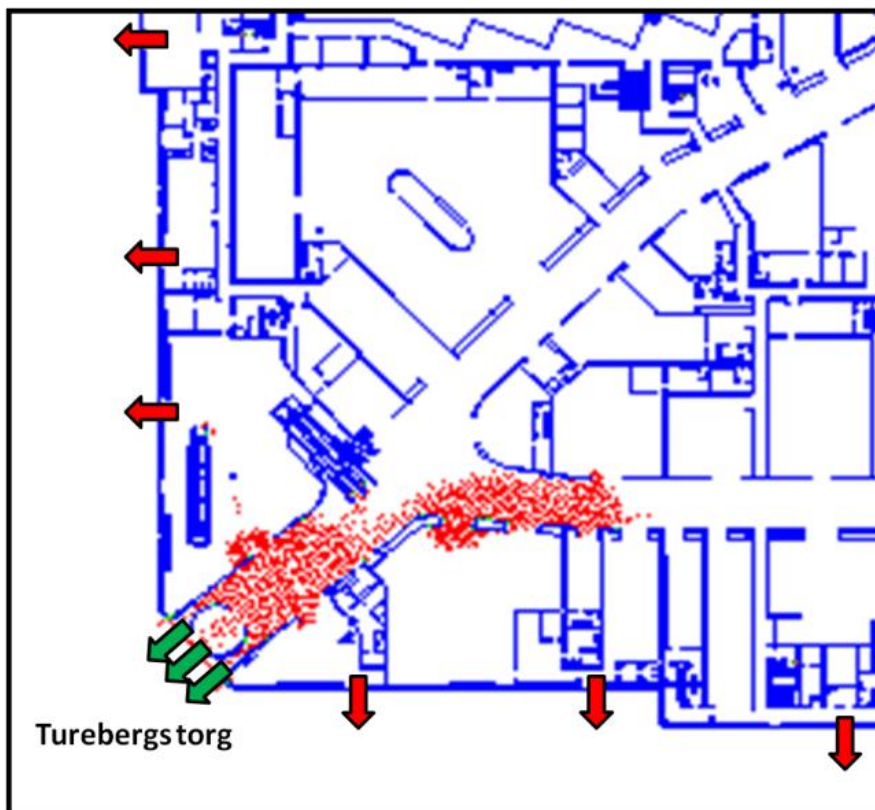
En effektutveckling på 20 MW är ett högt värde men inte omöjligt i en ventilationskontrollerad brand, se bilaga E. För att uppnå en så hög effekt krävs en stor mängd brännbart material i kombination med att sprinklersystemet fallerar. Effekten är vesäntligt högre än den maxeffekt som normalt används som dimensionerande i varuhus. För varuhus föreslås att en dimensionerande maximal effektutveckling är 10 MW (Nystedt, 2011).

Ett förslag för att hantera fall där ett släcksystem inte fungerar är att minska brandens tillväxthastighet till ett värde som mer beskriver ett medelvärde för verksamheten.

Då inget av dessa antaganden har gjorts anses branden i detta brandscenario vara konservativ.

Den höga persontätheten på 8 640 personer anses vara ett konservativt värde, även om besökarantalet kan bli högt vid speciella evenemang. Även oförutsedda händelser som att ett större antal personer söker skydd i byggnaden vid plötsligt skyfall utomhus kan inträffa.

I utrymningssimuleringarna används endast de tre huvudentréerna som utrymningsvägar på bottenplan. I verkligheten finns det betydligt fler utrymningsvägar att tillgå vid utrymning, se figur 50. Vid en eventuell brand bör dessa utrymningsvägar minska köbildningarna vid huvudentréerna. Detta innebär att även de simulerade utrymningstiderna anses vara konservativa.



Figur 50. Utrymning genom entrén mot Turebergstorg.

Sammantaget anses alla ovanstående antaganden vara konservativa vilket medför att hela simuleringen är konservativ i överkant. Det är även så att sikt under 10 meter är det som medför att personer utsätts för kritiska förhållanden. När detta sker står utrymnande personer i kö vid

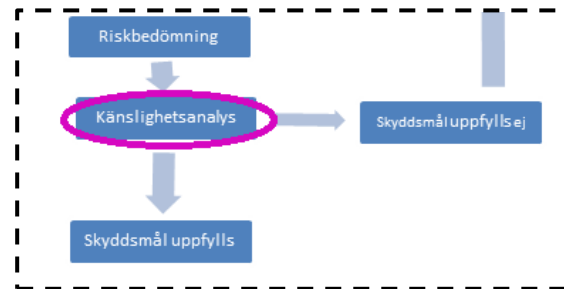
huvudutgången och antas därför redan ha sett var denna är. Därmed anses sikten vara av mindre betydelse så länge den är nära 10 meter, vilket den också är under resten av utrymningen.

9.3 Slutsats av riskbedömning

De simuleringar som ger en negativ säkerhetsmarginal anses vara så konservativa att de inte finns någon betydande risk för personskador. Sammantaget med alla tänkbara brandscenarier, inklusive de som är mindre allvarliga, som kan inträffa är risken låg att någon människa utsätts för fara i händelse av brand. Därmed kan det konstateras att den brandtekniska säkerheten i Sollentuna centrum är god i största allmänhet.

10. Känslighetsanalys

Två faktorer anses extra viktiga för riskbedömningen är utrymningsförloppet och mängden brandgaser som bildas. Därför väljs dessa faktorer ut att göra känslighetsanalys på.

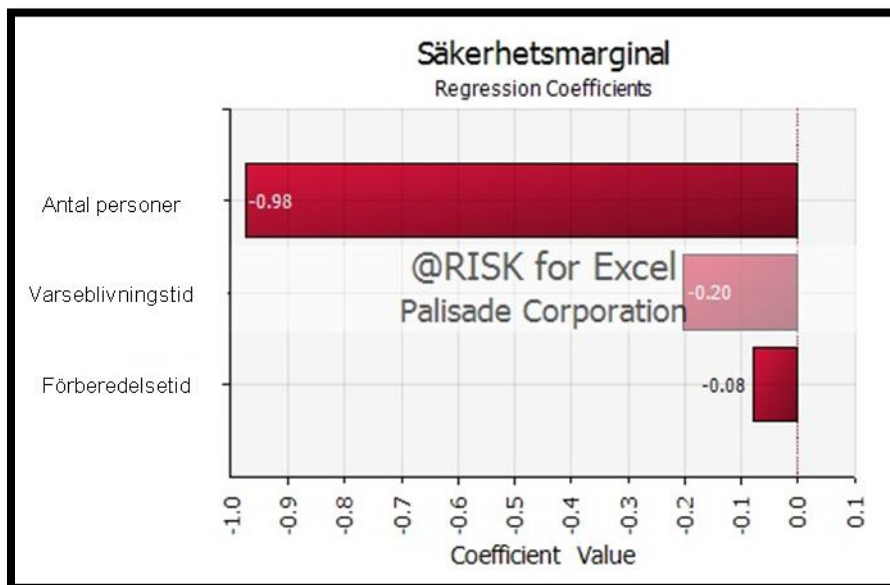


10.1 Utrymning

Beräkningarna som gjorts för att kvantifiera den brandtekniska risken vilar på ett antal antaganden. I det här kapitlet avser risk säkerhetsmarginalen i tid. En känslighetsanalys görs för att bestämma vilken parameter som har störst betydelse för utrymningstiden och därmed säkerhetsmarginalen. Några parametrar som påverkar risken i sin helhet är bland annat antalet människor i byggnaden, detektionstid, brandens effektutveckling och rökproduktion, funktionen hos sprinklersystem och brandgasfläktar. En känslighetsanalys görs i @Risk för brandscenario 3 då sprinklersystemet fallerar.

Tillgänglig tid låses till tio minuter, som är ett typiskt värde för tillgänglig tid i tabell 4. Parametrar som försetts med probabilistiska fördelningar är antal personer, varseblivningstid och genomsnittlig förberedelsetid.

Resultatet visar att antalet personer är den parameter som har störst betydelse för säkerhetsmarginalen. De parametrar som redovisas är deras storlek i relation till varandra, se figur 51. Indata till @Risksimuleringen redovisas i bilaga D.



Figur 51. Säkerhetsmarginalens parametrar i relation till varandra.

Ur figur 51 kan utläsas att antalet personer har störst betydelse för säkerhetsmarginalen. I utrymningssimuleringarna har mestadels enbart huvudentreerna använts. När det befinner sig många besökare i byggnaden bildas det lätt köer vid utgångarna när byggnaden ska utrymmas. Detta medför att utrymningshastigheten är direkt beroende av dörrbredden vid ett sådant tillfälle. Då få utgångar användes vid utrymningssimuleringarna anses dessa vara konservativa med avseende på den känsligaste parametern.

10.2 Rökproduktion

Brandens betydelse för kritiska förhållanden beror på olika faktorer som tillväxthastighet och typ av producerade brandgaser. Brandscenerierna har simulerats i FDS med 0,01 kg/kg sotproduktion. Sotproduktion definieras av hur mycket av bränslets massa som omvandlas till sotpartiklar. En känslighetsanalys med avseende på vilken betydelse sotproduktionen har för tiden till kritiska förhållanden simuleras med hjälp av FDS. Det kriterium för kritiska förhållanden som mest påverkas av sotproduktionen är sikt. Analysen görs i ett likadant scenario som brandscenario 1 men är då begränsat till brandrummet. Tabell 6 visar värden för sotproduktionen och tiden till då sikten understiger fem meter på två meters höjd i mer än 25 % av brandrummet.

Tabell 6. Tid till kritiska förhållanden (sikt <5m) i brandrummet.

Rökproduktion	0,01	0,015	0,02
Tid till kritiska förhållanden	313s	253s	223s

Om det antas att tiden till kritiska förhållanden uppstår är linjärt beroende med sotproduktionen fås ett samband att en fördubblad sotproduktion minskar tillgänglig tid med ungefär 70 %.

11. Åtgärdsförslag

I detta avsnitt presenteras ett antal åtgärdsförslag med tillhörande diskussion. Åtgärdsförslagen är uppdelade i *bör* och *kan*. Inga *ska* åtgärdsförslag ges men det förs en diskussion kring ett eventuellt *ska* åtgärdsförslag i bilaga I. Det kan finnas andra åtgärdsförslag som ger samma eller bättre effekter men nedanstående åtgärdsförslag har av författarna ansetts vara de som är rimligast att genomföra.

11.1 Följande åtgärder bör genomföras

Säkerhetsnivån i Sollentuna centrum anses vara tillfredställande utan att följande åtgärder genomförs. Men åtgärder anses ändå vara väsentliga för att höja säkerhetsnivån ytterligare.

11.1.1 Översyn av det systematiska brandskyddsarbetet (SBA)

Författarnas uppfattning är att ansvarsfördelningen över vem eller vilka som ansvariga för det systematiska brandskyddsarbetet bör ses över. I nuläget är fastighetsägaren ansvarig för det systematiska brandskyddsarbetet i allmänna utrymmen såsom korridorer och utrymningsvägar. I utrymmen som hyrs av näringsidkare är istället den enskilda hyrestagaren för att brandskyddsarbetet fungerar i just denna lokal. Vid platsbesöket fick författarna uppfattningen att det är oklart om alla hyrestagare känner till deras ansvar i brandsäkerhetsfrågor.

Ett förslag är att fastighetsägaren tar en tydligare roll som samordnare för det systematiska brandskyddsarbetet. Till exempel kan en kravlista utformas som underlättar för hyrestagarna att känna till vilket ansvar de har. Då butiks- samt de allmänna ytorna ingår i samma brandcell kan arbetet utformas mer enhetligt och långsiktigt även när butiker byter hyrestagare. En annan fördel om det sköts gemensamt är att den totala kostnaden kan minska.

11.1.2 Utbilda personal i brand och säkerhet

Vid platsbesöket genomfördes en enkätundersökning, se bilaga E. Ur denna undersökning samt vid dialog med personal framkom det att det fanns stora brister hos personalen i kunskaper om brand och säkerhet. Därför bör centrumledningen utarbeta någon form av kravlista gentemot sina hyresgäster. Detta förslag är väl sammankopplat med ovanstående åtgärdsförslag att se över det systematiska brandskyddsarbetet.

Ett förslag är att all personal får genomgå en brandskyddsutbildning. Exempel på vad personalen bör känna till är:

- Om de har någon specifik uppgift vid brand
- Hur utrymning bör gå till, närmaste utrymningsväg, samlingsplats etc.
- Hur man använder en handbrandsläckare
- Vikten av att inte blockera utrymningsvägar
- Konsekvenserna som kan uppstå med uppställda dörrar som bryter brandcellsgränser

Problemet med köbildning om alla använder samma utgångar syns tydligt i utrymningssimuleringarna i denna rapport. I ett stort och komplext objekt som Sollentuna centrum är det därför viktigt att personalen vet hur de ska agera. Detta då det kan underlätta utrymning om de kan hjälpa kunder att använda alternativa utrymningsvägar vilket kan förkorta utrymningstider avsevärt.

11.1.3 Branddörrar



Figur 52. Exempel på missbruk av dörrar. Den vänstra delfiguren visar en dörr med klass EI-60 som är uppställd med en spackelspade. På lappen i den högra delfiguren står "Använd ej nödhandtaget för att öppna dörren".

Ett problem som upptäcktes under platsbesöket är att dörrar till utrymningsvägen ställs upp med till exempel en spackelspade som provisoriskt dörrstopp. En lösning på detta problem kan vara att dessa dörrar förses med magnetupphängning som kopplas till det automatiska brandlarmet alternativt till en lokal detektor. Personalen kan då vid behov ställa upp dörren tillfälligt utan att bryta brandcellsgränsen.

Vad som inte rekommenderas sitta på dörrar är skyltar som i figur 52. Detta riskerar resultera i att kunder inte vågar använda dörren vid utrymning.

11.2 Följande åtgärder kan genomföra

Följande åtgärdsförslag kan genomföras även om säkerhetsnivån redan är tillfredställande. De kan till en låg kostnad höja säkerhetsnivån ytterligare eller leda till minskade ekonomiska skador.

11.2.1 Bättre utbildning av vakter

De vakter som jobbar på köpcentret har alla genomgått brandskyddsutbildning under deras väktarutbildning. De har inte genomgått någon specifik utbildning i brandskydd på Sollentuna centrum. Endast ett papper med instruktioner att följa finns tillgängligt. Vakterna har en tydlig tilldelad roll vid aktivering av brandlarm. De ska hjälpa till med utrymning samt möta upp brandkåren

vid brandskåpet⁶. Vakterna kan få en enkel lathund att ha som checklista vid brand. Den bör vara så enkel att den kan användas spontant i händelse av brand.

Intrycket från platsbesöket var att vakterna saknade relevant kunskap om brandskyddet i Sollentuna centrum. Till exempel saknades kunskap om var uppsamlingsplatserna är placerade. Därför skulle det underlätta om vakterna genomgick en enklare utbildning. Kunskap som vakterna bör känna till:

- Var larmknappar är placerade
- Var uppsamlingsplatserna är belägna
- Vad som sker vid aktivering av brandlarm i objektet. Stängs dörrar, hissar, rulltrappor etcetera?

11.2.2 Brandsläckare

En enkel åtgärd kan vara att utöka antalet handbrandsläckare som är tillgängliga för både personal som kunder. En sådan åtgärd kan förbättra möjligheten att släcka en brand i ett tidigt skede.

11.2.3 Larmknappar

En åtgärd som kan genomföras för att förkorta detektionstider kan vara att installera fler larmknappar tillgängliga för personal och besökare. I rapporten har det visats att rökdetektor aktiverar tillräckligt snabbt för att tillfredställande utrymning ska kunna ske. Men snabbare aktivering är bra i avseende då det ger en större säkerhetsmarginal för att kunna utrymma. Det kan även möjliggöra tidigare släckning vilket kan leda till minskade ekonomiska skador.

En nackdel med fler larmknappar tillgängliga för allmänheten är att risken för falsklarm ökar. Under 2009 förekom 856 larm av att någon tryckte på en larmknapp utan att det fanns någon brand i Sverige (MSB).

Om fler larmknappar installeras bör vinsten av en snabbare detektion ställas mot kostnaden för installationen samt den ökade frekvensen av falsklarm. I den här rapporten görs ingen fördjupad kostnad/nytta-analys på det.

11.2.4 Tydligare skyltning

I köpcentret finns ett flertal utrymningsvägar som inte är tydligt markerade. Det gör att det är troligt att utrymningsvägarna inte kommer att användas funktionellt utan istället finns för sakens skull. Möjliga åtgärder kan vara att göra skyltarna tydligare eller använda fluorescerande alternativt efterlysande markeringar på golvet.

⁶ Brandinspektör Jan Elieson, Brandkåren Attunda, Samtal 2001-02-04.

12 Diskussion om osäkerheter

Vid beskrivning av risker finns framförallt två olika typer av osäkerheter. Dessa är kunskapsosäkerheter och naturliga variationer. Författarna till den här rapporten hade liten kunskap om verksamheten innan besöket. Då en stor del av de antaganden som har gjorts bygger på information som framkom vid detta besök är kunskapsosäkerheterna om objektet stora. Den andra typen av kunskapsosäkerheter som finns är inbyggda osäkerheter och antaganden i de modeller som har använts för att göra beräkningarna.

Den andra typen av osäkerheter som finns är naturliga variationer, som till exempel antalet besökare i köpcentret. En sådan osäkerhet kan hanteras genom exempelvis en @risk simulering men då ett konfidensintervall används kan en sådan aldrig ge ett 100 procentigt säkert utfall.

Grovanalysen bygger till stor del på vilka riskkällor och faror som författarna identifierade vid besöket vilket gör att alla möjliga brandscenarier inte har beskrivits. Ett antal fysiska avgränsningar av objektet gör att olika rökspridningar inte tas upp i rapporten. Sannolikheter har uppskattats utifrån uppfattning hur verksamheten ser ut och tillgänglig statistik. Konsekvenserna baseras på författarnas bedömning av hur ett scenario utvecklar sig och subjektivitet förekommer alltid. Även när det väljs ut scenarier att analysera kvantitativt.

De scenarier som har kvantifierats i rapporten har valts ut med avseende på uppskattade konsekvenser för att beskriva riskbilden i byggnaden med avseende på brand. Då sannolikheter delvis har försumrats i denna del beskrivs inte riskbilden fullständigt.

Resultaten från simuleringarna bygger på ett antal osäkerheter och antaganden som har gjorts i rapporten. Grovanalysen och identifieringen av brandscenarier är baserad på vad som framkom som riskkällor under besöket. Då författarna inte har fullständig kännedom om verksamheten är en osäkerhet att vissa potentiella riskkällor inte har framkommit. Det är sedan denna kunskap om byggnaden som har använts för att göra en grovanalys av byggnaden. Osäkerheter i att vissa ytor har avgränsats bort i rapporten finns också men författarna anser inte att det ska ha påverkat riskbilden i byggnaden.

Bränders tillväxthastigheter har antagits som ett värde på α då detta är en vedertagen metod för att dimensionera ett värsta troligt scenario. Detta är inte en verklig brand utan används som ett sätt att beskriva tillväxthastigheten för ett scenario.

Förutom de begränsningar som finns i FDS har även en del förenklingar gjorts i den indata som har använts. Författarnas kunskaper om FDS har även medfört att vissa funktioner inte har kunnat användas. Cellstorleken som används i simuleringarna är dock testade för att vara oberoende av numeriska fel, med hjälp av standardformeln för karaktäristisk diameter:

$$D^* = \left(\frac{\dot{Q}}{\rho_{\infty} c_p T_{\infty} \sqrt{g}} \right)^{\frac{2}{5}} \quad (\text{McGrattan et al., 2010})$$

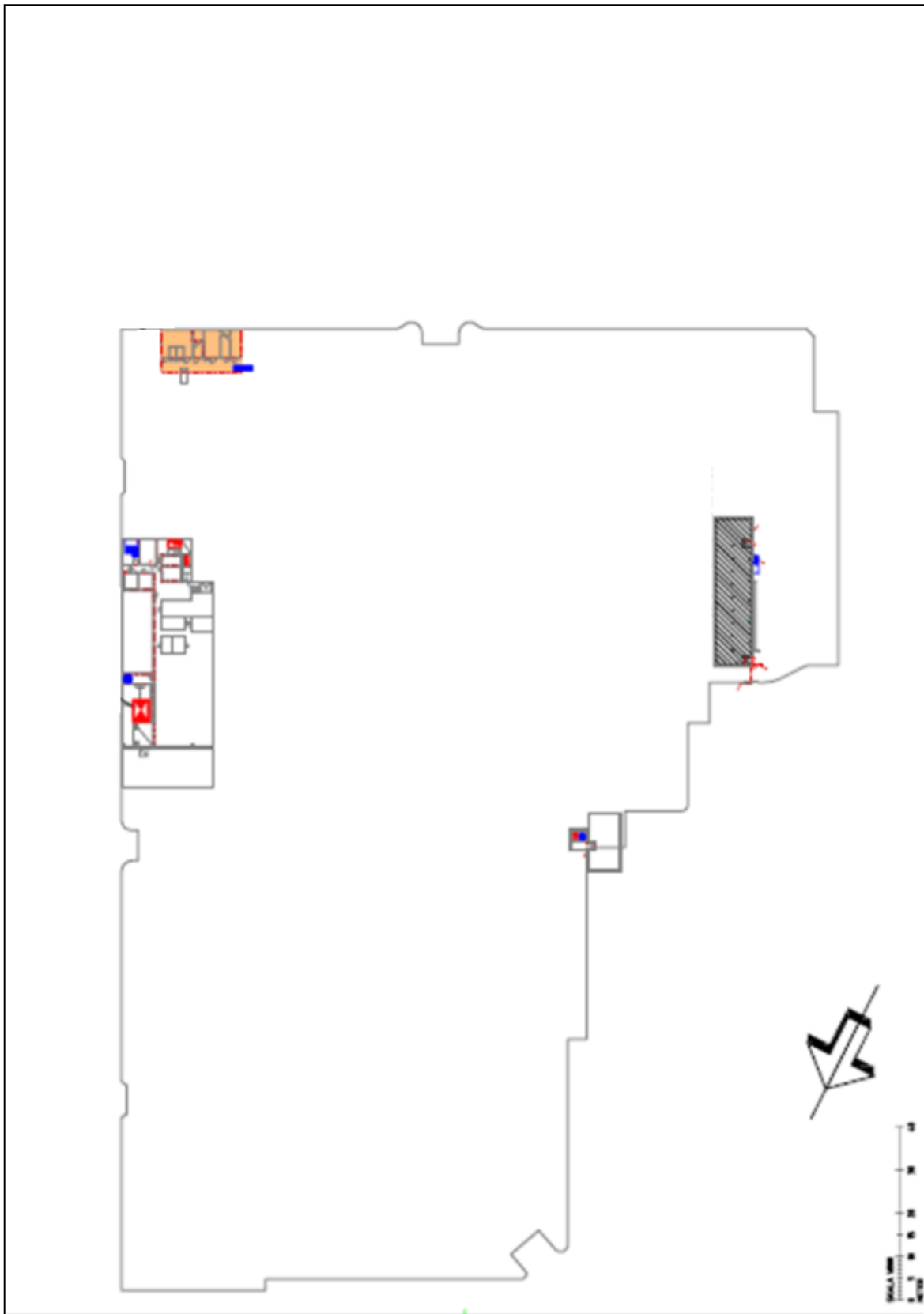
I Simulex finns en del begränsningar som medför att en del antaganden måste göras för att programmet ska kunna simulera en utrymning verklighetstroget. Dessa antaganden medför dock en del begränsningar för hur personer rör sig i byggnaden.

Författarna har inte fått ta del av den systematiska brandskyddsdocumentationen. Därmed baseras antaganden om statusen hos de tekniska systemen på vad som framkom vid platsbesöket.

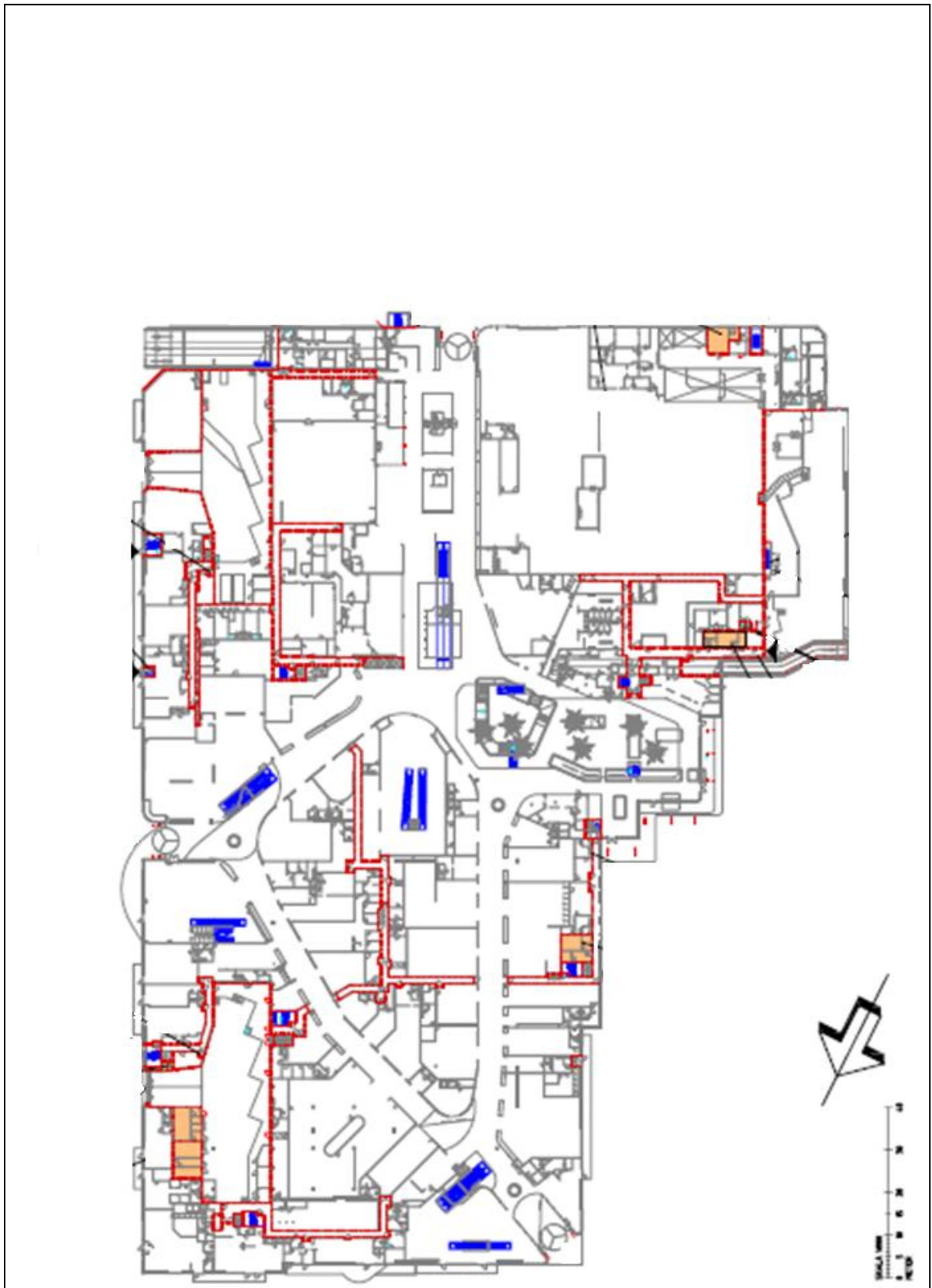
Källförteckning

- Boverket (2008a). *Boverkets byggregler*. Karlskrona: Boverket.
- Boverket (2008b). *Handbok om brandbelastning*. Karlskrona: Boverket.
- Boverket (2006). *Utrymningsdimensionering*. Husqvarna: Boverket.
- Brandkåren Attunda (2010a). Insatsrapport: Räddningstjänstens ärendenummer 2010A01943.
- Brandkåren Attunda (2010b). Insatsrapport: Räddningstjänstens ärendenummer 2010A00692.
- Carlens, K. (2006). *Analys av brandskyddets egenskaper*. Lund: Brandteknik, Lunds tekniska högskola.
- Frantzich, H. (2001). *Tid för utrymning vid brand*. Karlstad: Räddningsverket.
- Gunnarsson, H. (2003). *Evakuering genom rök*. Lund: Brandteknik, Lunds tekniska högskola.
- Karlsson, B., & Quintere, J. G. (2000). *Enclosure fire dynamics*. Boca Raton: CRC Press.
- Latané, D., & Darley, L. (1970). *The unresponsive bystander: Why doesn't he help?* New York: Meredith Corporation.
- McGrattan, K., McDermott, R., Hostikka, S., & Floyd, J. (2010). *Fire Dynamics Simulator (version 5) User's Guide*. Washington: NIST.
- MSB (Myndigheten för samhällsskydd och beredskap). Databasen IDA, Hämtat från MSB: <http://msb.se/sv/Kunskapsbank/Statistik--analys/IDA/> (2011-05-03)
- Nilsson, D. (2008). *Kompendium i Aktiva system*. Brandteknik, Lunds tekniska högskola.
- Nilsson, D. (2006). *En modell av det inledande utrymningsförloppet*. Brandteknik, Lunds tekniska högskola.
- NIST. (2011). *Fire modeling programs- Detact QS*. Hämtat från Building and Fire Research Laboratory: <http://www.bfrl.nist.gov/866/fmabbs.html#DETECTQS> 2011
- Nystedt, F. (2011). *Verifying fire safety design in sprinklered buildings*. Lund: Brandteknik, Lunds tekniska högskola.
- Staffansson, L. (2010). *Selecting design fires*. Lund: Brandteknik, Lunds tekniska högskola.
- Steen & Ström Sverige AB. *steenstrom.com*. Hämtat från Steen & Ström Sverige AB: http://steenstrom.com/upload/se/SST%20broschyrer/SS_Corporatebroschyr_2010.pdf (2011-04-20)
- Särdqvist, S. (1993). *Initial Fires*. Lund: Brandteknik, Lunds tekniska högskola.

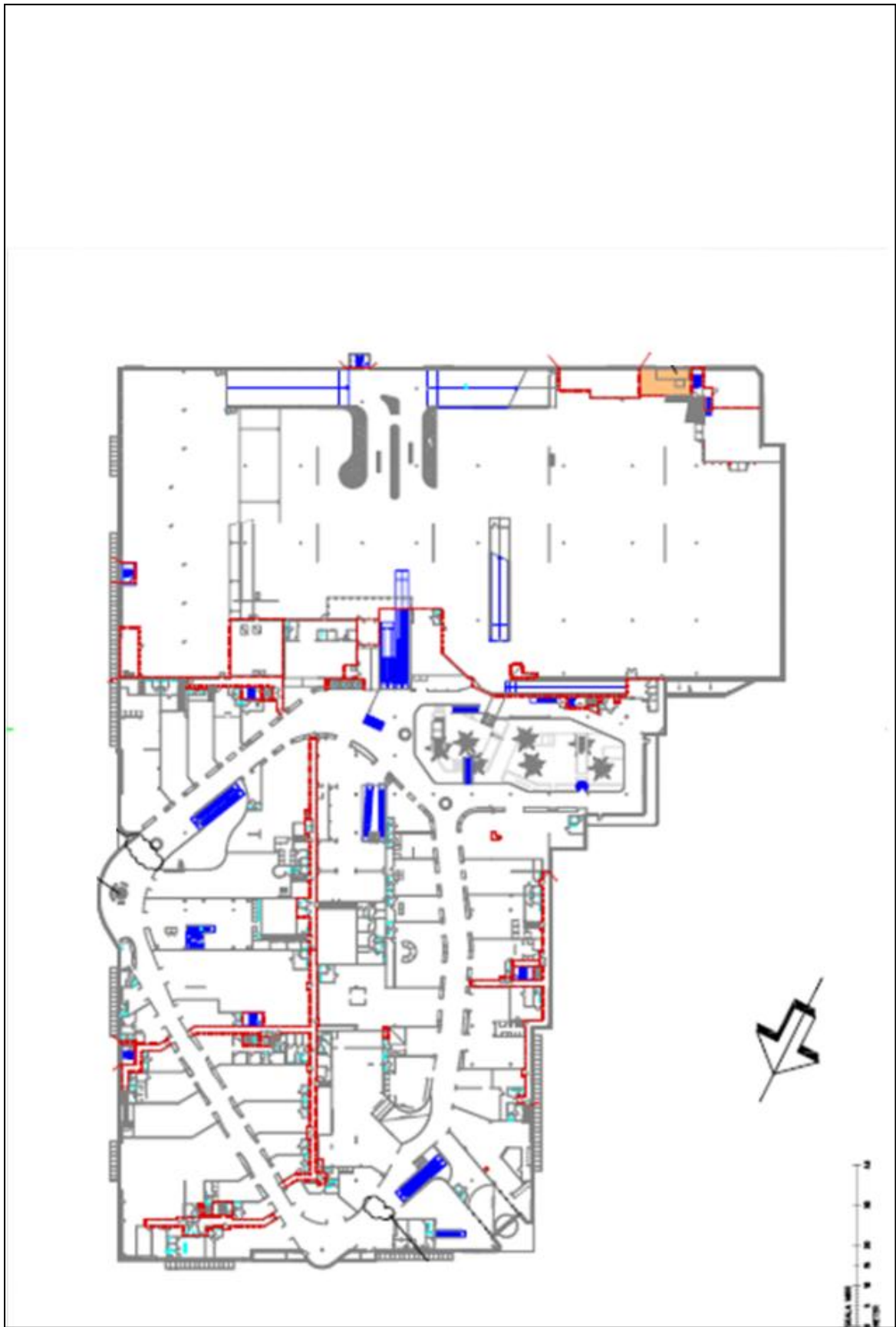
Bilaga A - Planritningar



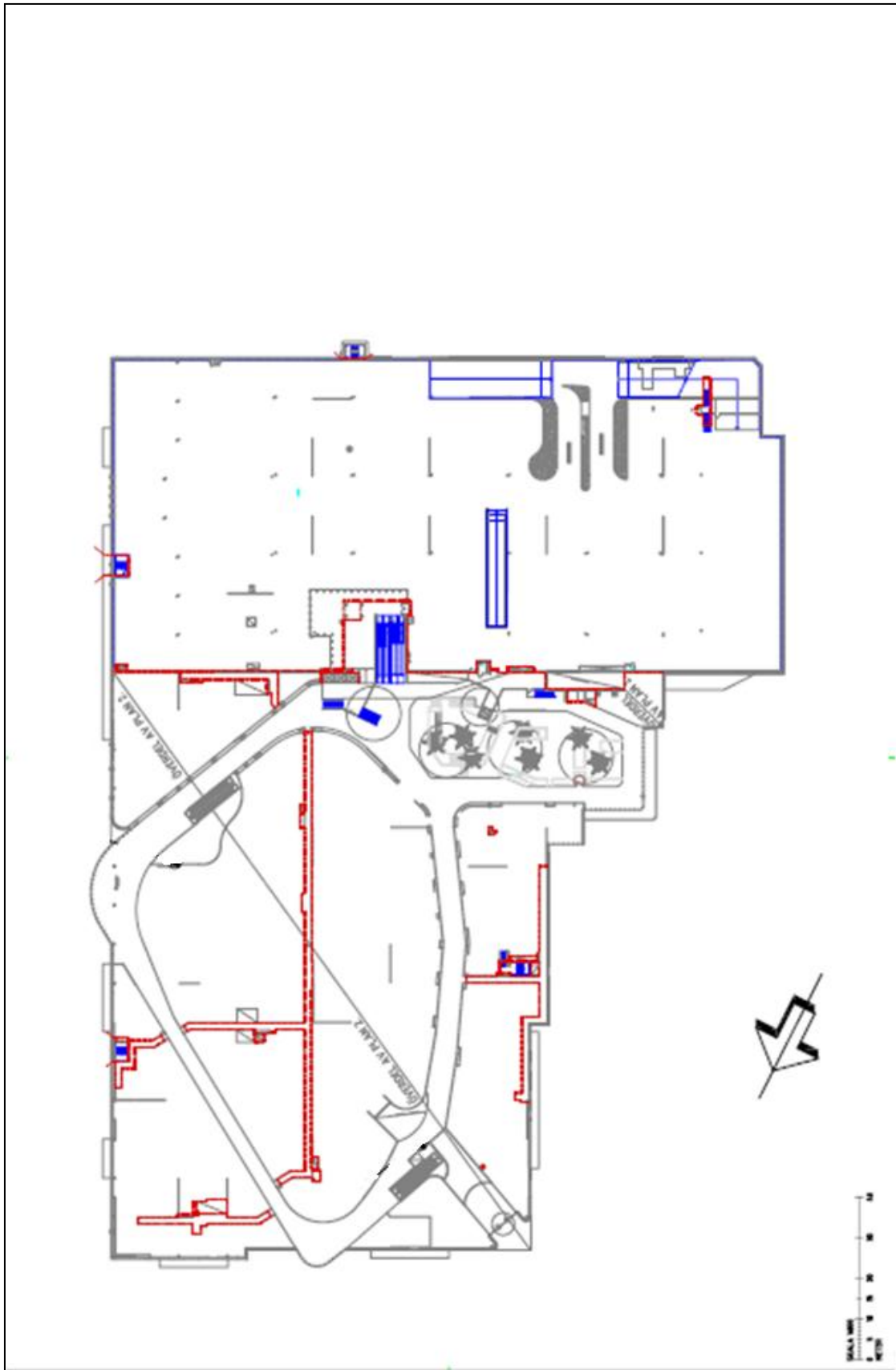
Källare plan 0. Originalbild: Brandkåren Attundas planritning för Sollentuna centrum.



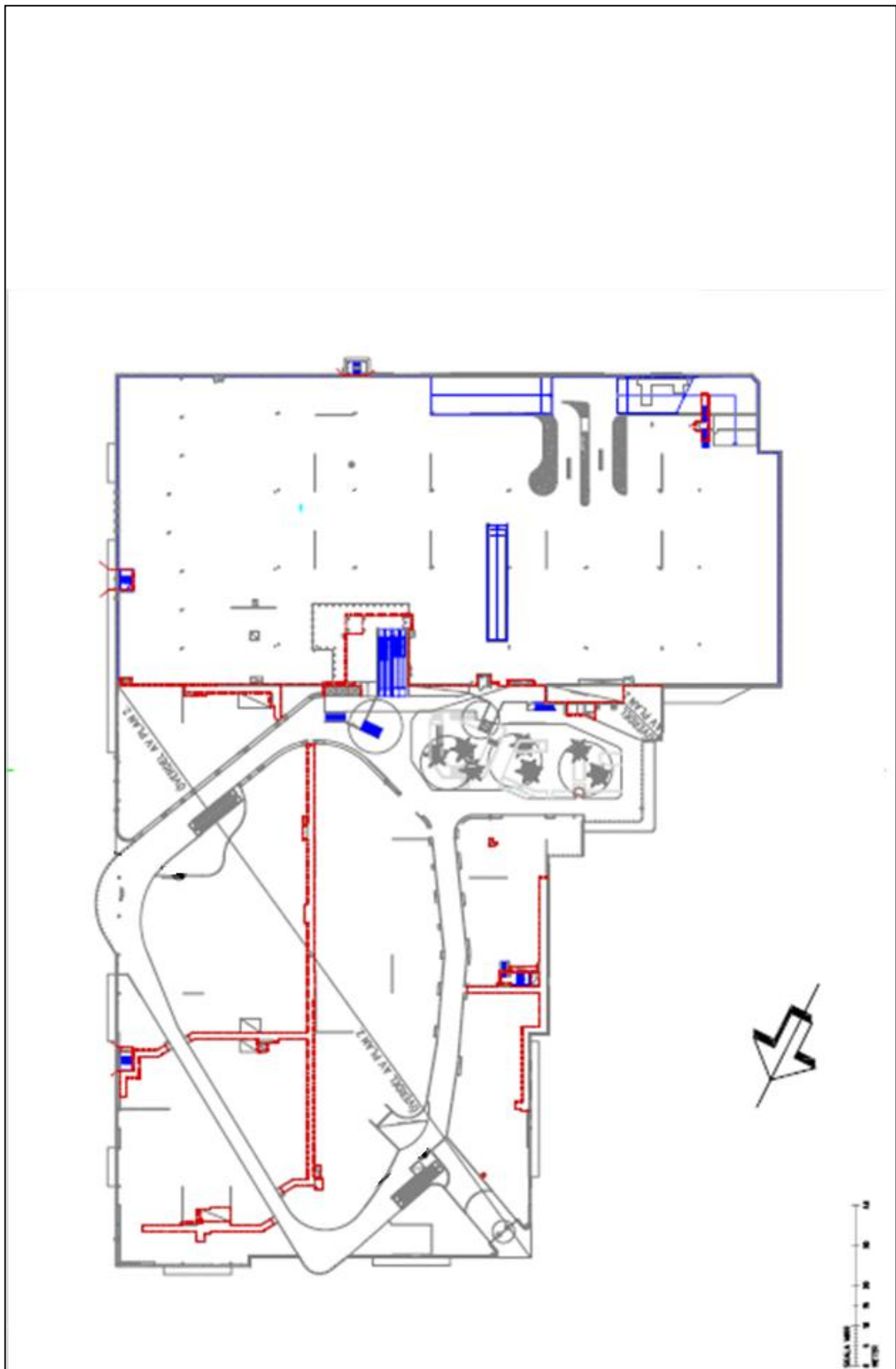
Markplan plan 1. Originalbild: Brandkåren Attundas planritning för Sollentuna centrum.



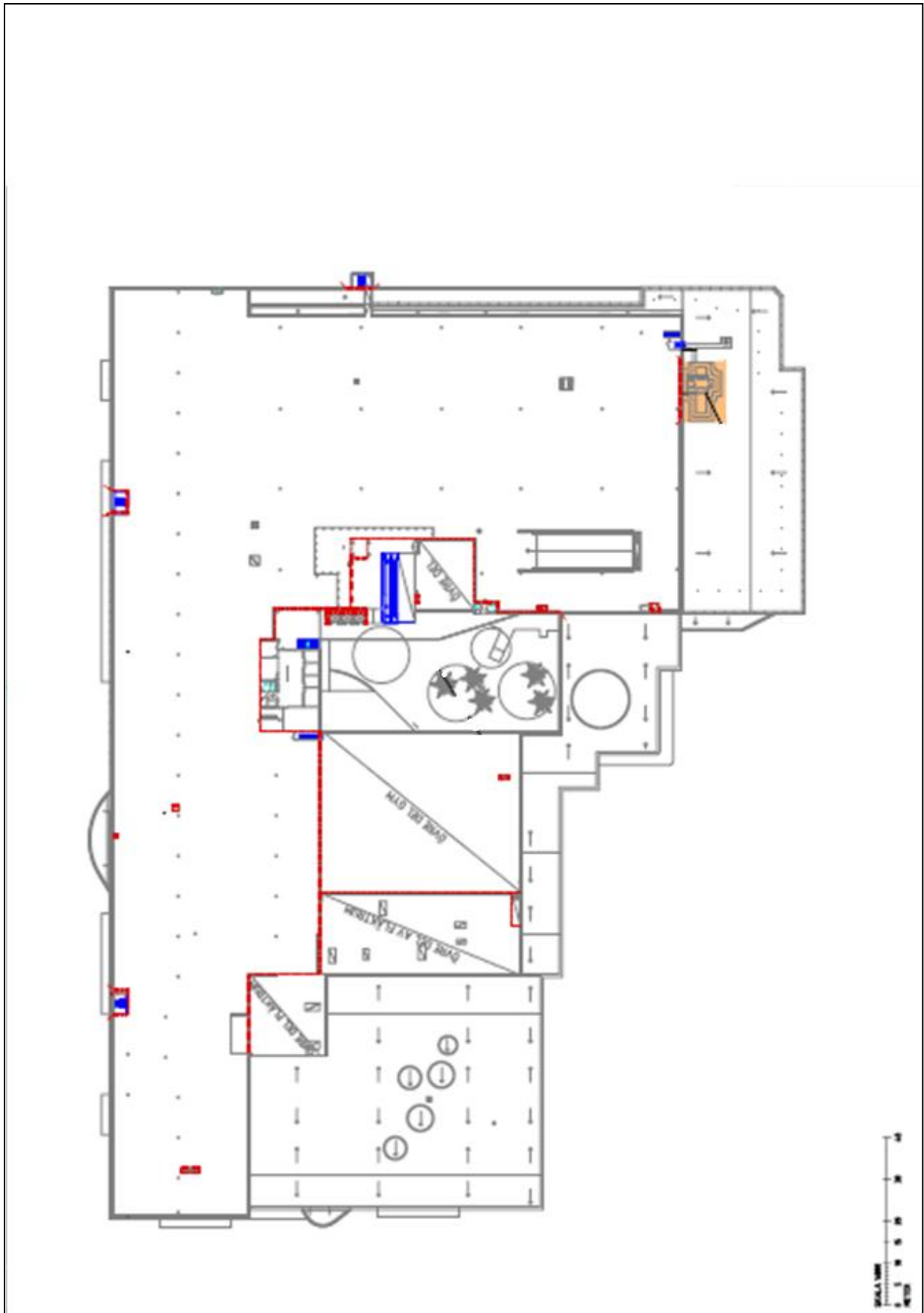
Plan 2. Originalbild: Brandkåren Attundas planritning för Sollentuna centrum.



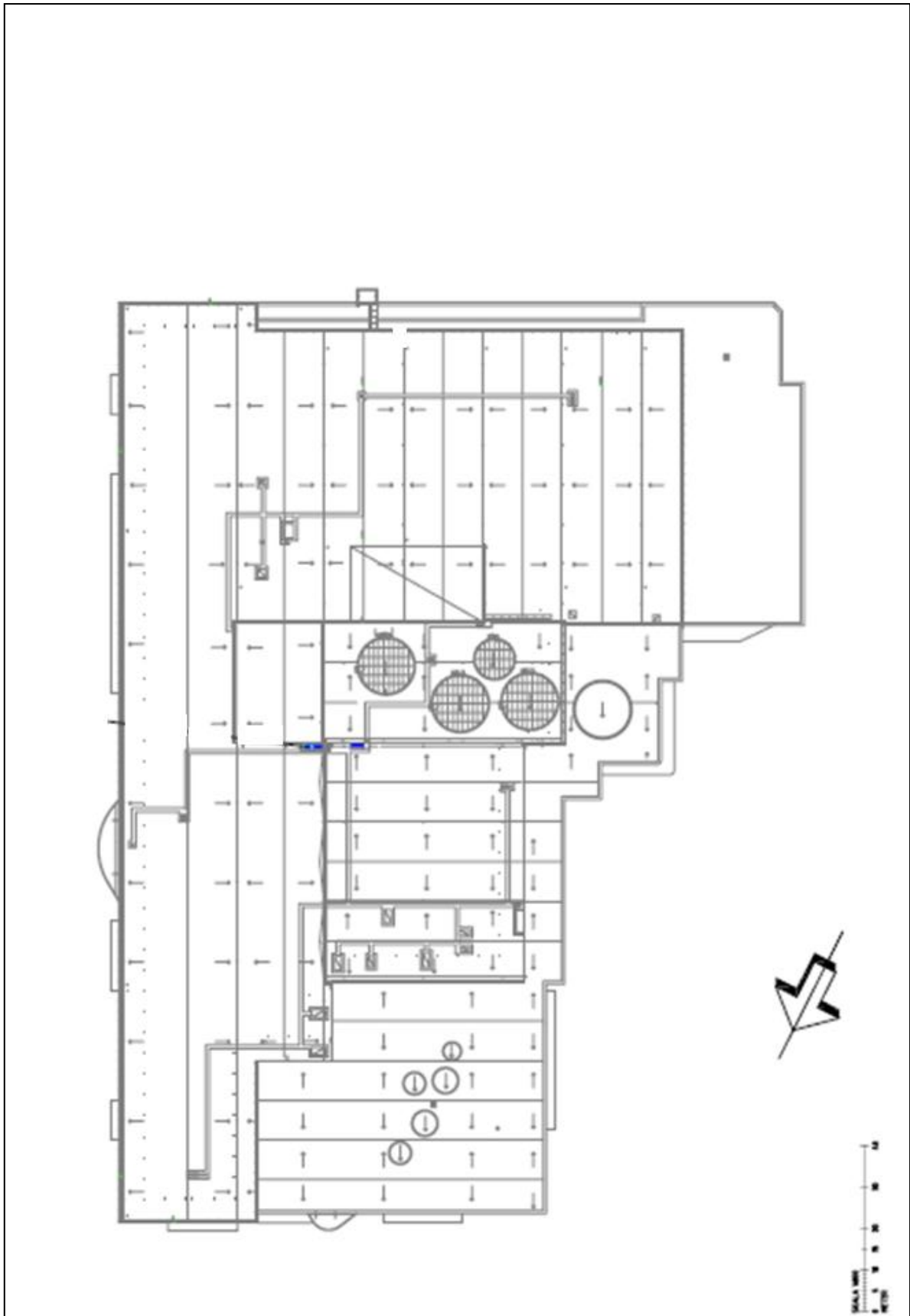
Plan 3. Originalbild: Brandkåren Attundas planritning för Sollentuna centrum.



Plan 4. Originalbild: Brandkåren Attundas planritning för Sollentuna centrum.



Plan 5. Originalbild: Brandkåren Attundas planritning för Sollentuna centrum.



Tak plan 6. Originalbild: Brandkåren Attundas planritning för Sollentuna centrum.

Bilaga B – Simuleringar i FDS

Följande antaganden för bränslet har använts i simuleringarna:

- $m_{f_{CO}}=0.08$ kg/kg (SFPE, 2002)
- $\Delta H_c=20000$, MJ/kg (Särdqvist, Initial Fires, 1993)
- Kemisk formel: C=12, H=14, O=6,
- $m_{f_{soot}}=0.01$ kg/kg (SFPE, 2002)
- $Q_a=500$ kW/m²

Ett rimligt värde på maximala effektutvecklingen för ett köpcentrum är 250 kW/m² (Staffansson, 2010). Enligt resonemang i avsnitt 7 om val av scenarier anses denna vara för låg för de scenarier som simuleras nedan. Detta antagande görs då flammorna antas spridas på höjden. I denna rapporten används istället en maximal effekt på 500 kW/m² i simuleringarna.

I simuleringarna används inte programmets egna antaganden för flamspridning och kylning av brandgaser från sprinkler. Detta görs på grund av osäkerheterna som finns i dessa modeller. Istället har effektutvecklingen antagits med hjälp av resonemang, enligt bilaga F, om tiden till sprinkleraktivering.

Detta medför att kylning av brandgaser och ejektorverkan från vattendropparna försummas. Detta medför att brandgasernas stigningskraft överskattas men samtidigt överskattas kylning från de inerta väggarna.

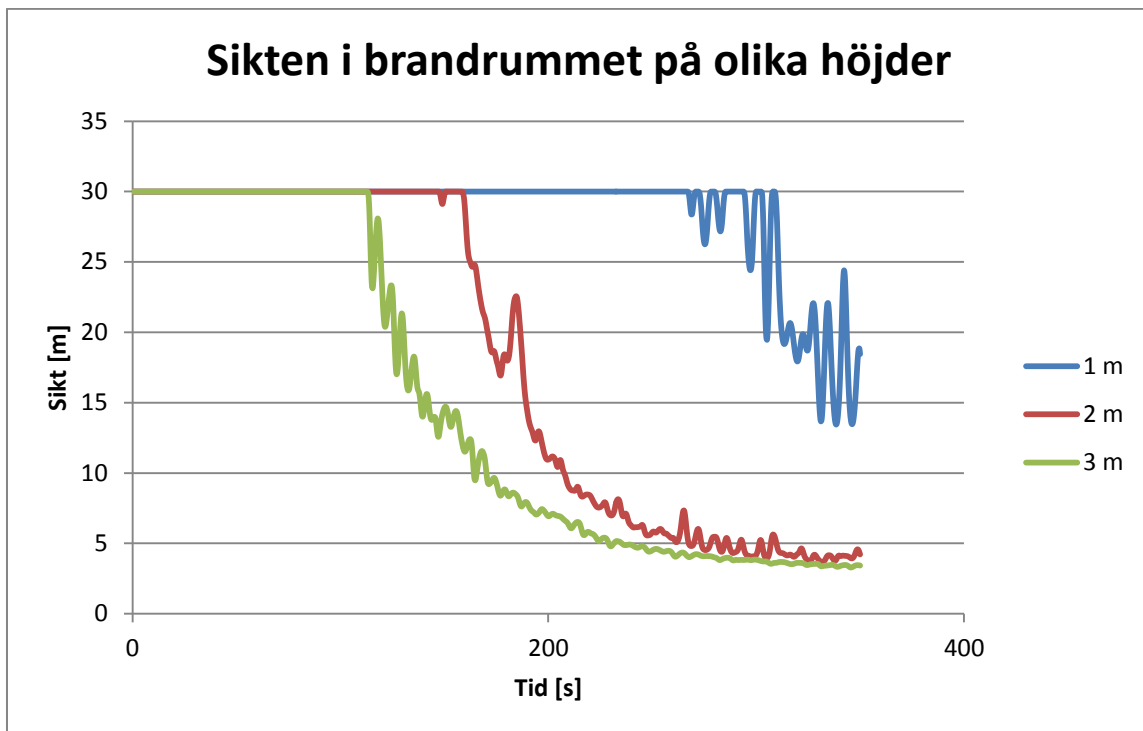
Samtliga bilder som redovisas i detta avsnitt har norr i samma riktning.

Brandscenario 1

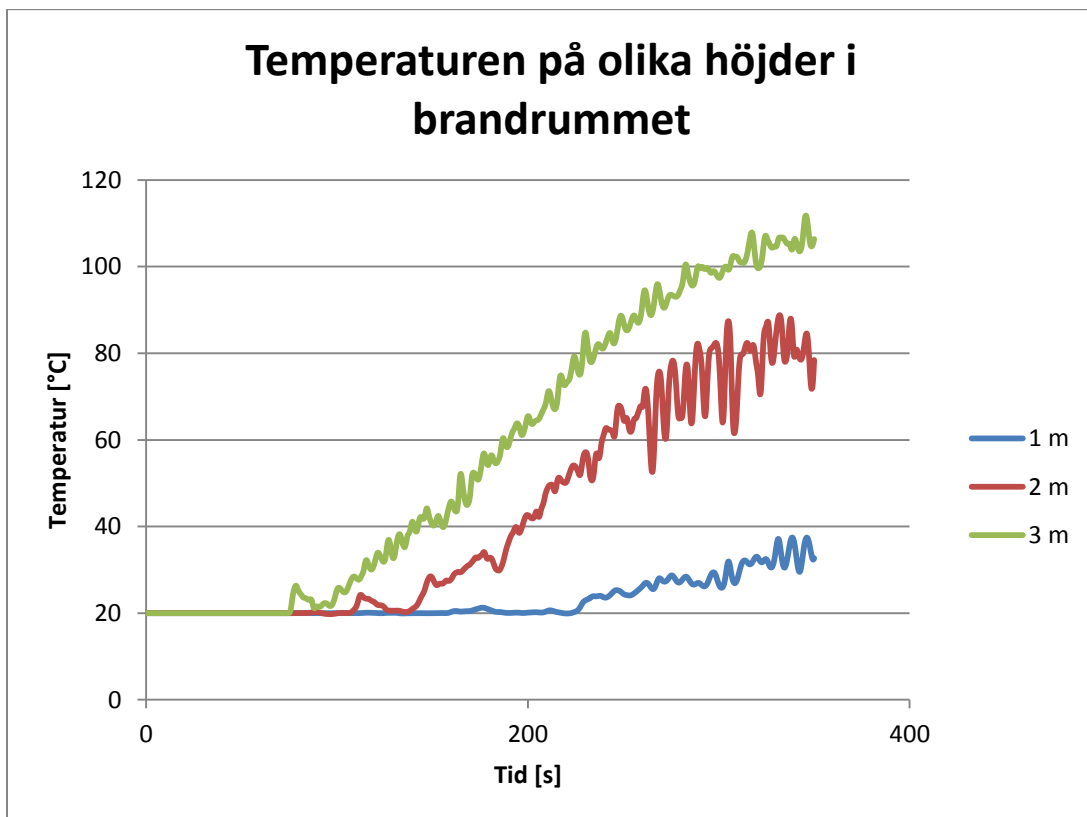
Bestämmer effekten. Ingen sprinkler, ingen ejektorverkan.

12,5*12,5*12,5 cm³ i brandrummet. I utrymningsvägar är cellstorleken 25*25*25 cm³ och i övriga delar 50*50*50 cm³.

Resultat Brandscenario 1



Sikt i brandrummet. Färgskalan till höger anger höjd över golvet.



Temperatur i brandrummet. Färgskalan till höger anger höjd över golvet.

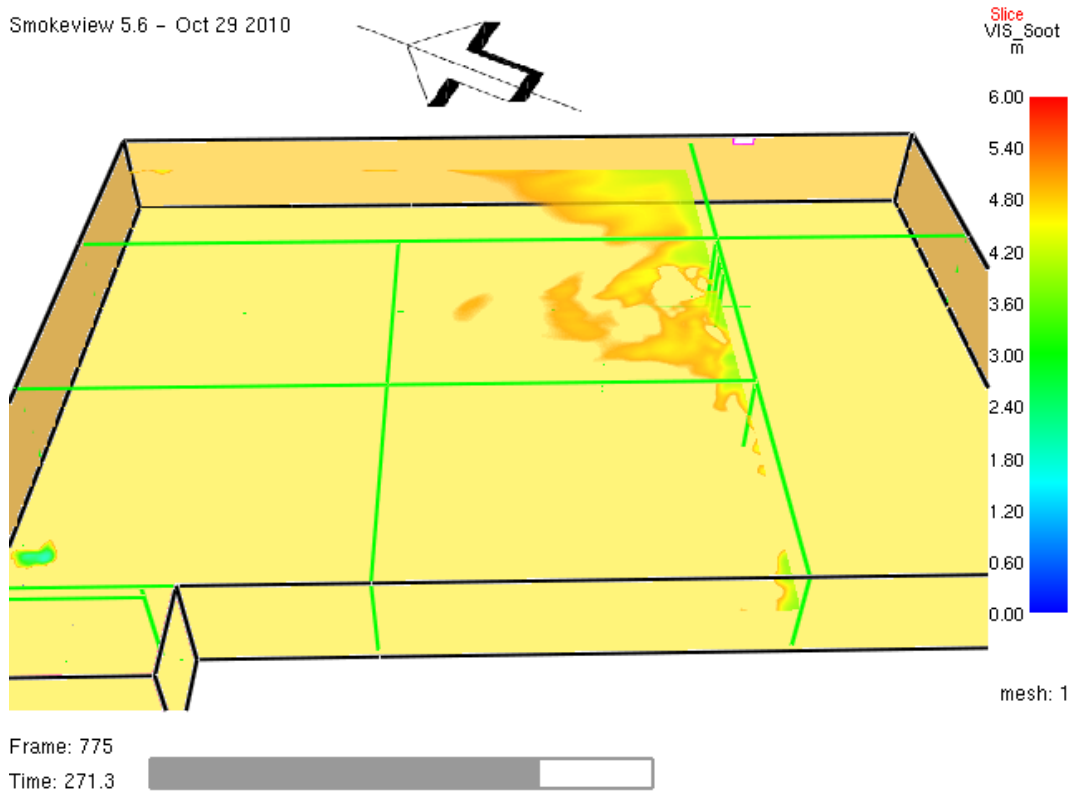


Illustration av siktsträckan i brandrummet på höjden två meter. Färgskalan till höger anger meter siktsträcka.

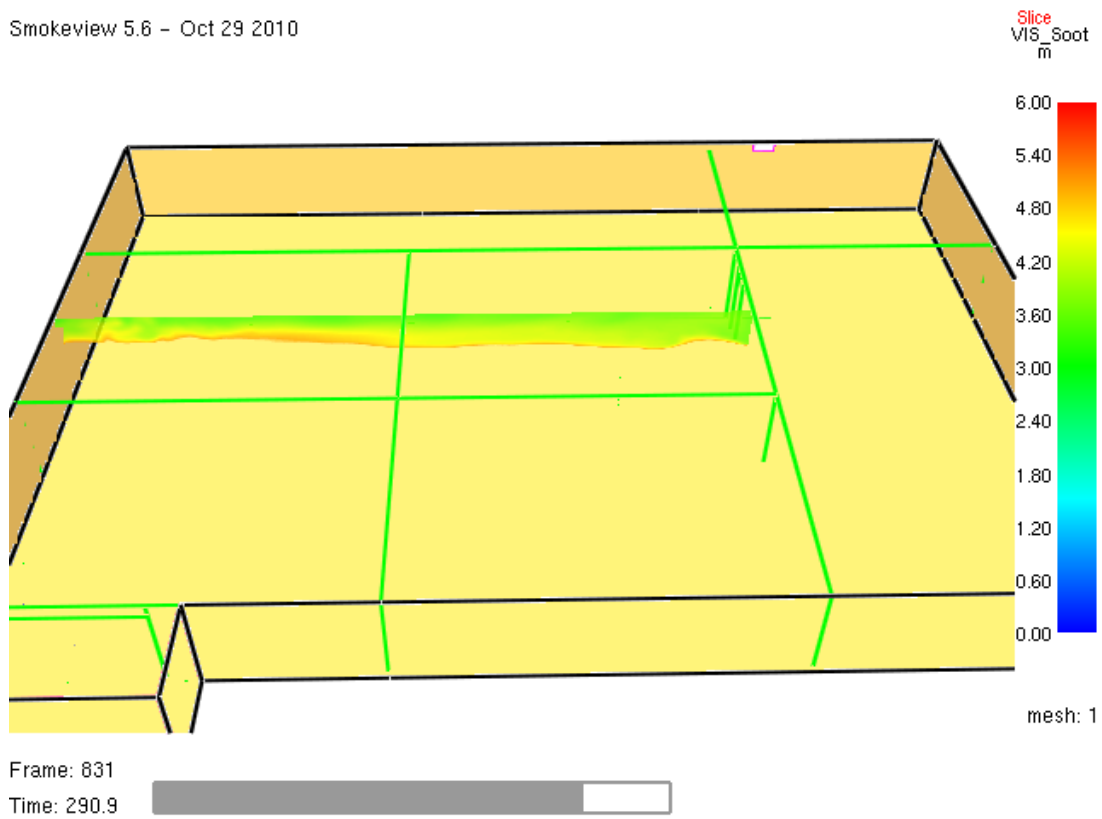
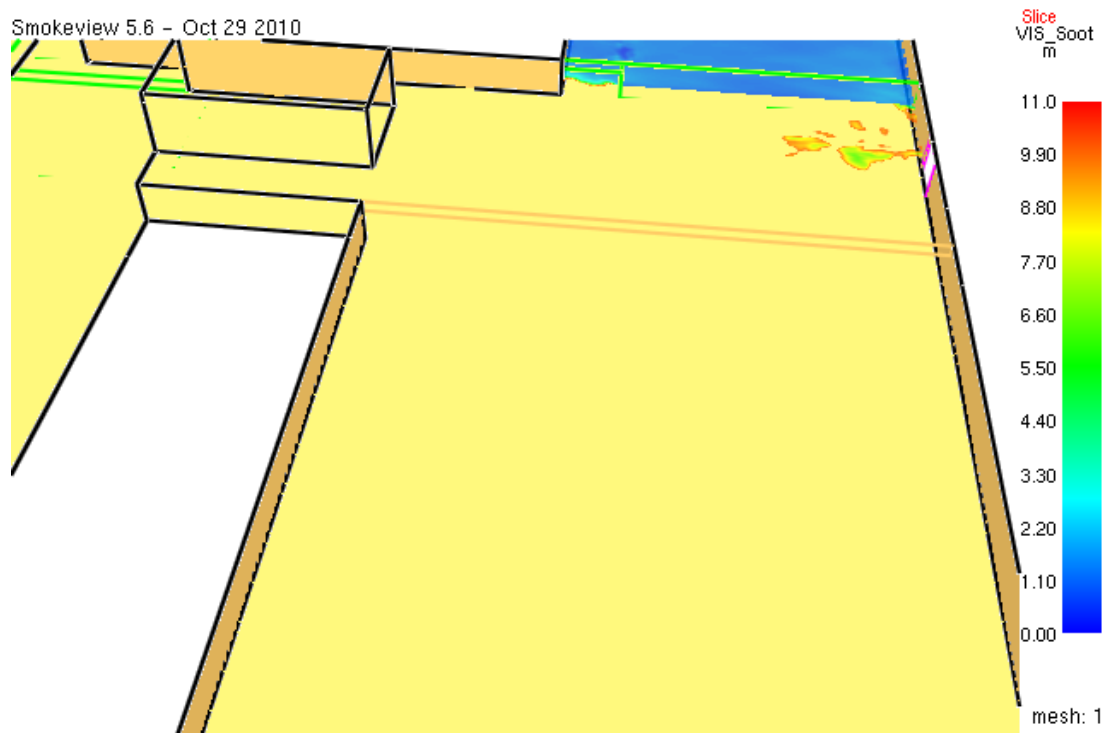


Illustration av siktsträckan i vertikal skärning genom brandrummet. Färgskalan till höger anger meter siktsträcka.

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010

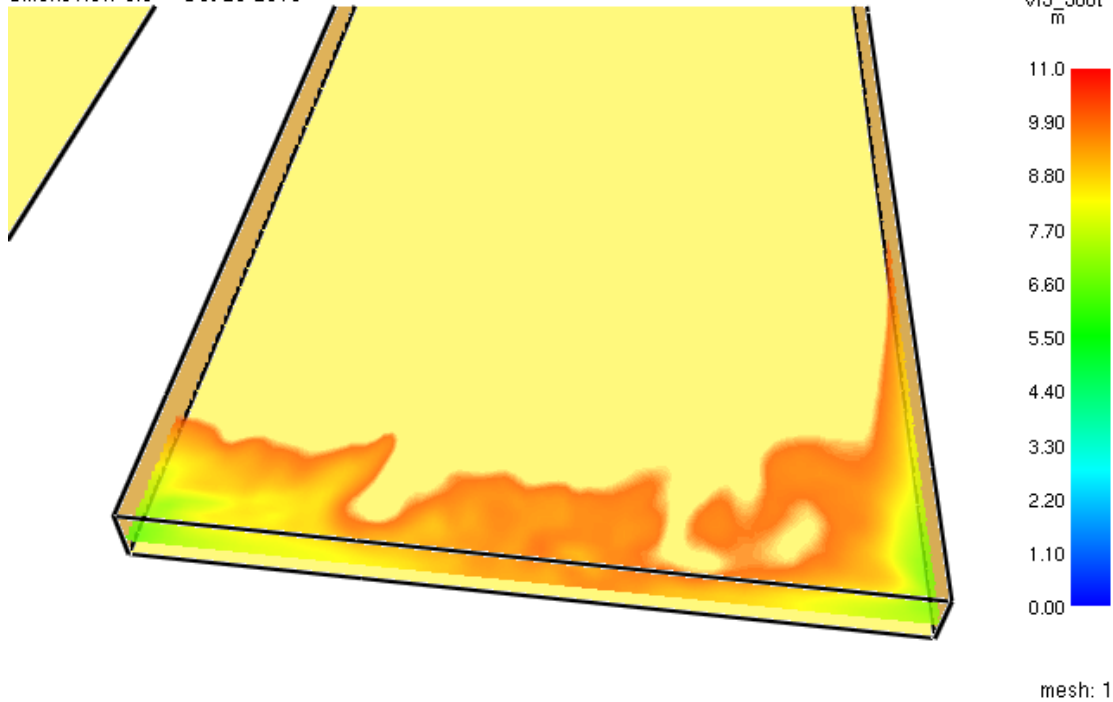


Frame: 555

Time: 555.0

Illustration av siktsträckan precis utanför brandrummet på höjden två meter. Färgskalan till höger anger meter siktsträcka. I princip är det god sikt överallt utanför brandrummet.

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



Frame: 724

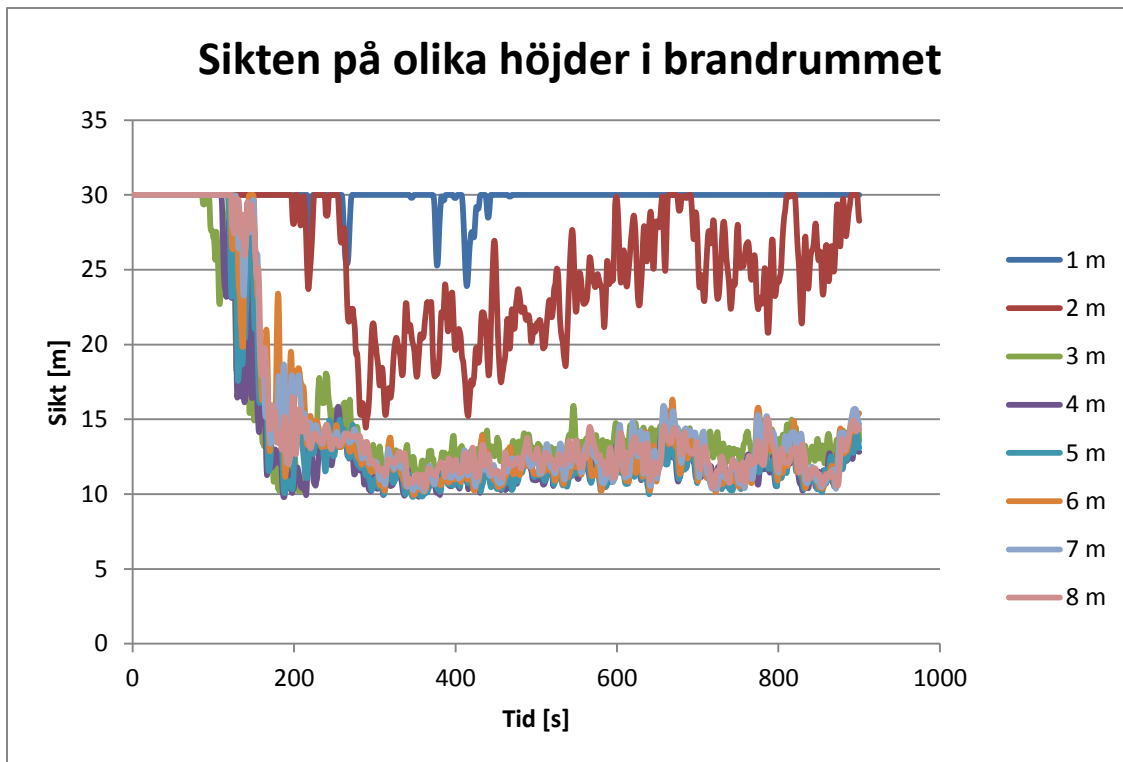
Time: 724.0

Illustration av siktsträcken i på motsatt sida brandrummet (inne på Ica Kvantum) på höjden två meter. Färgskalan till höger anger meter siktsträcka.

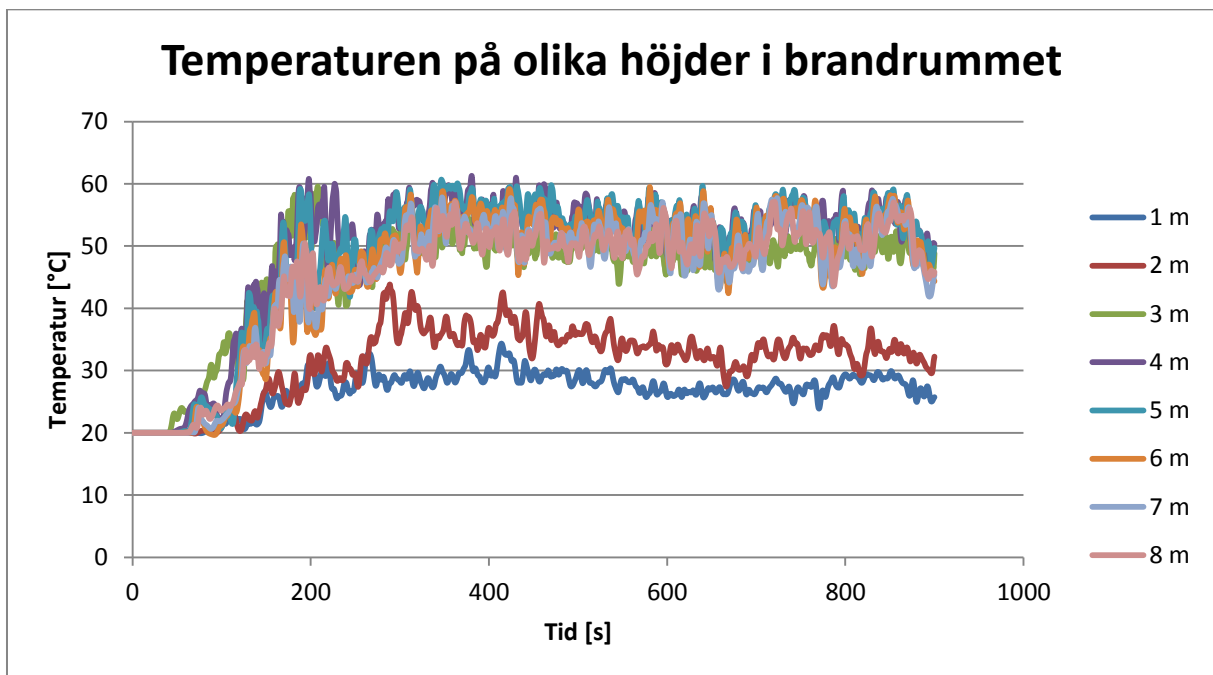
Brandscenario 2

Ovanför branden och på våning 2 inne i butiken är cellstorleken $12,5*12,5*12,5 \text{ cm}^3$. I utrymningsvägar är cellstorleken $25*25*25 \text{ cm}^3$ och i övriga delar $50*50*50 \text{ cm}^3$.

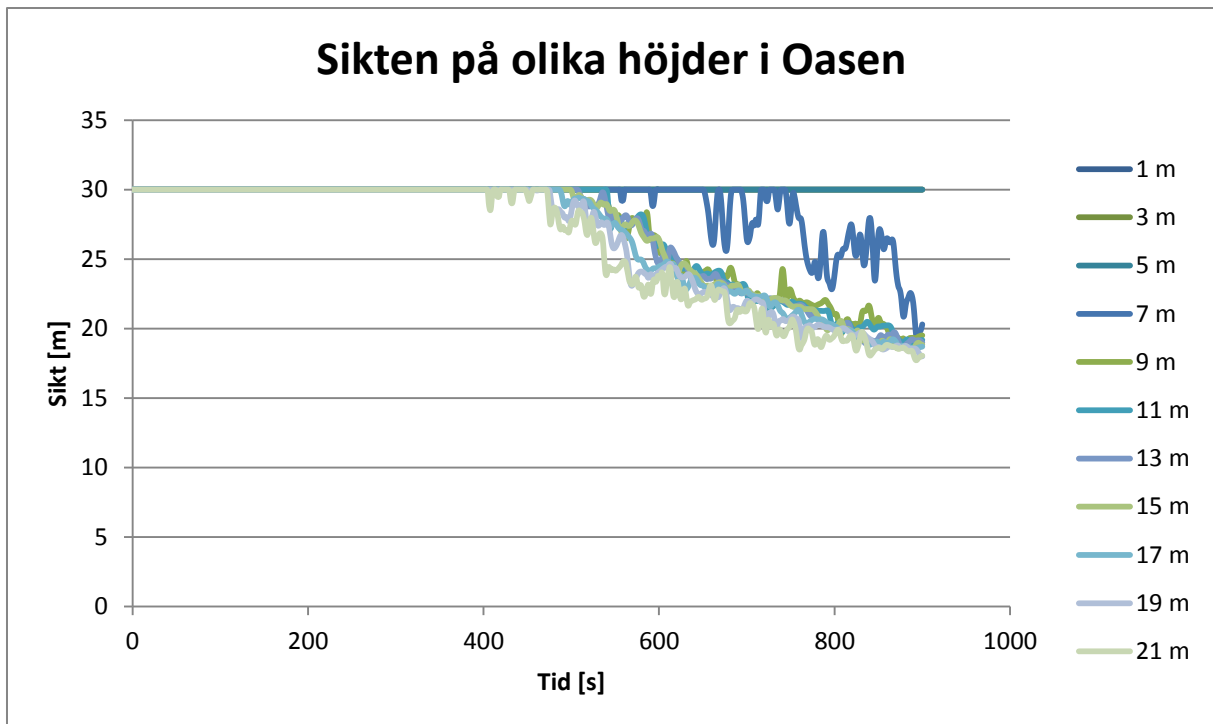
Resultat Brandscenario 2



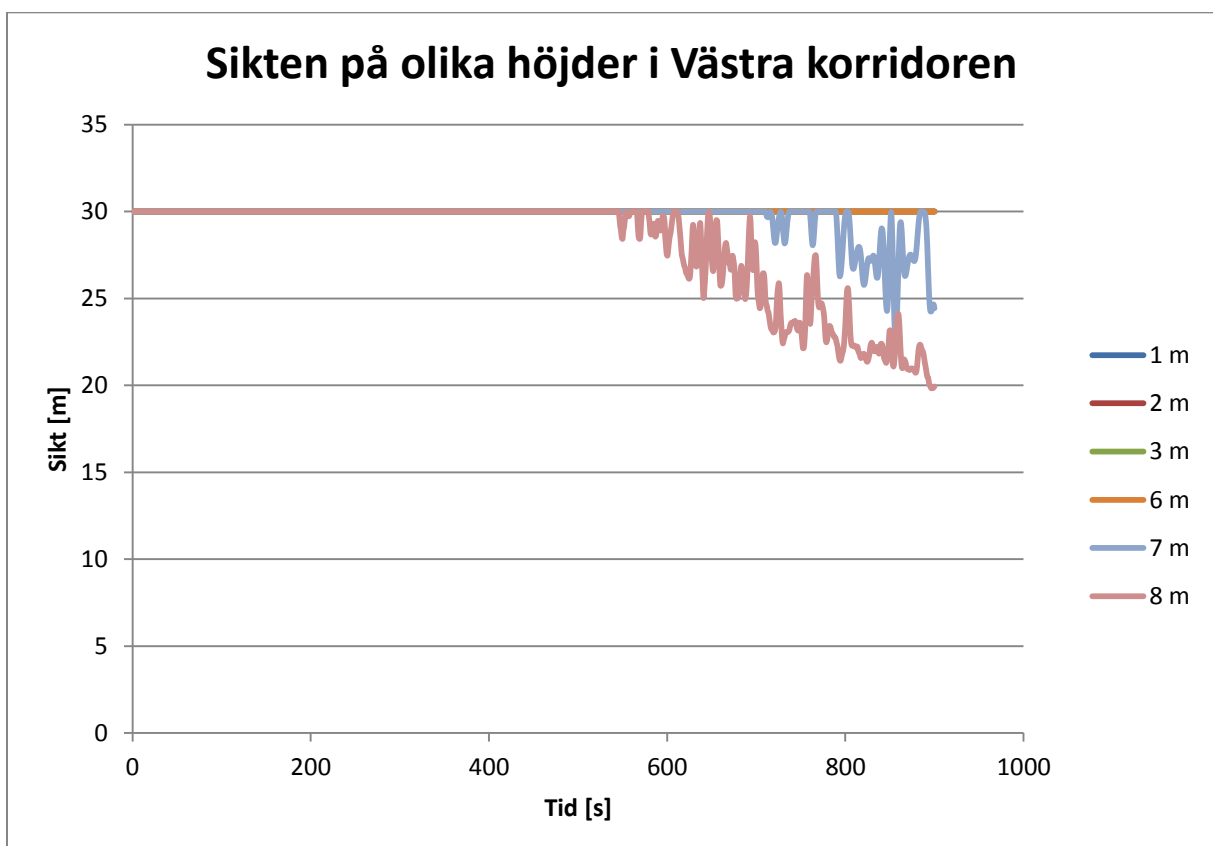
Sikt i brandrummet. Färgskalan till höger anger höjd över golvet.



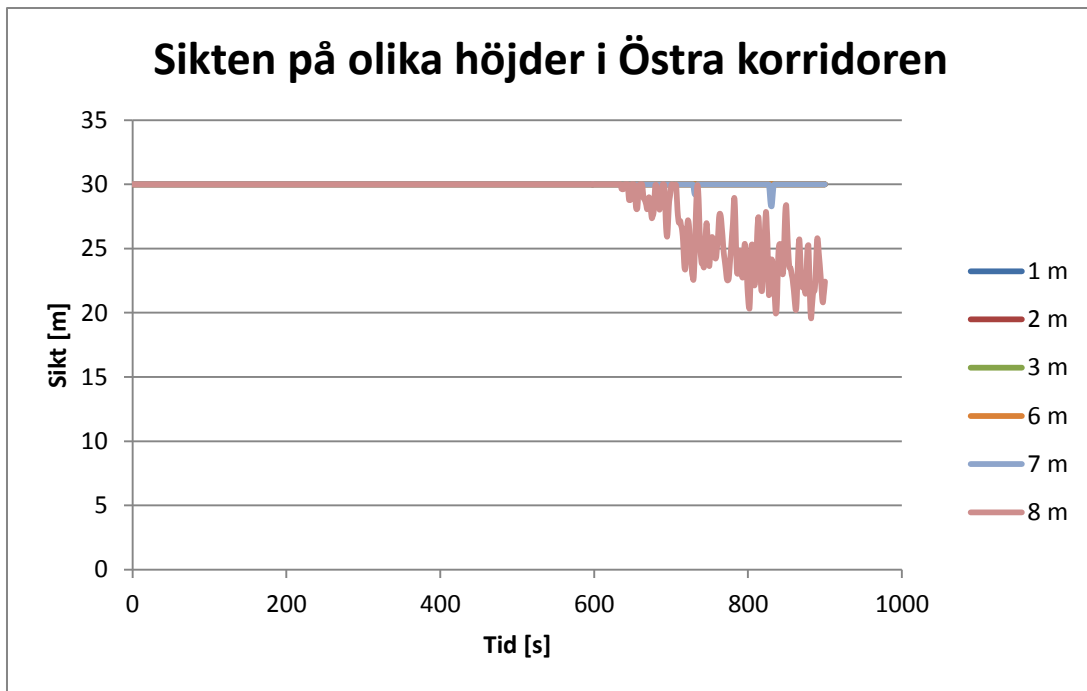
Temperatur i brandrummet. Färgskalan till höger anger höjd över golvet.



Sikt i atriet ovanför oasen. Färgskalan till höger anger höjd över golvet.

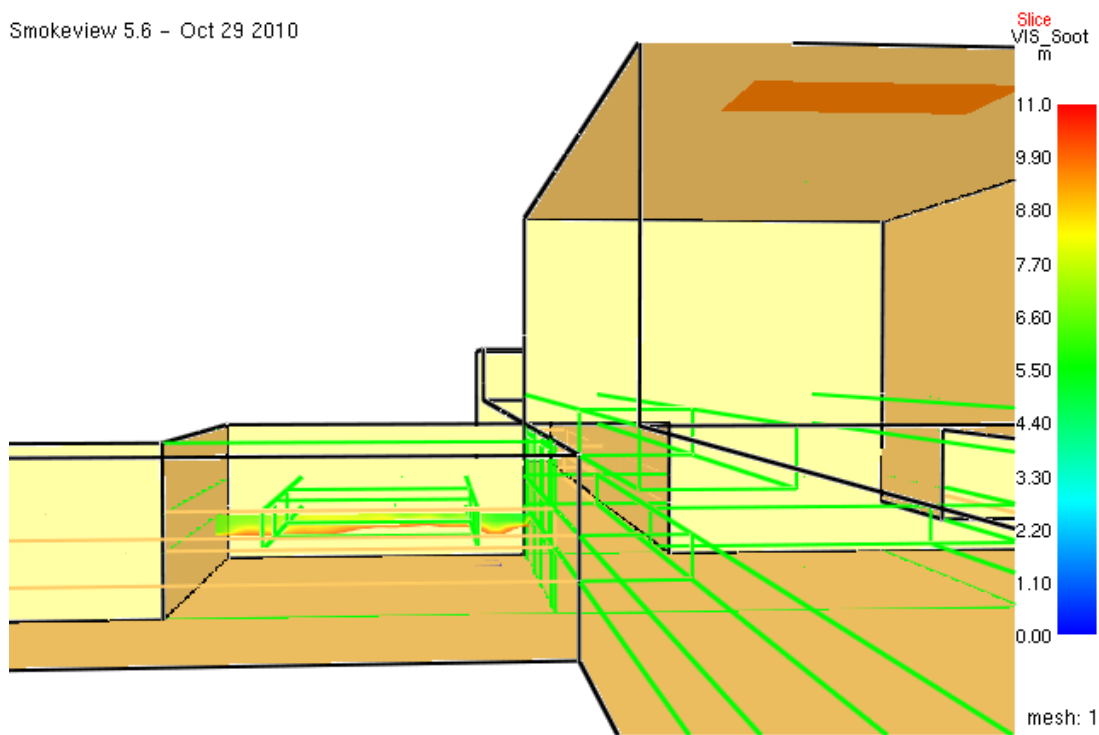


Sikt i västra korridoren utanför brandrummet. Färgskalan till höger anger höjd över golvet från plan 1.



Sikt i östra korridoren utanför brandrummet. Färgskalan till höger anger höjd över golvet från plan 1.

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



Frame: 870

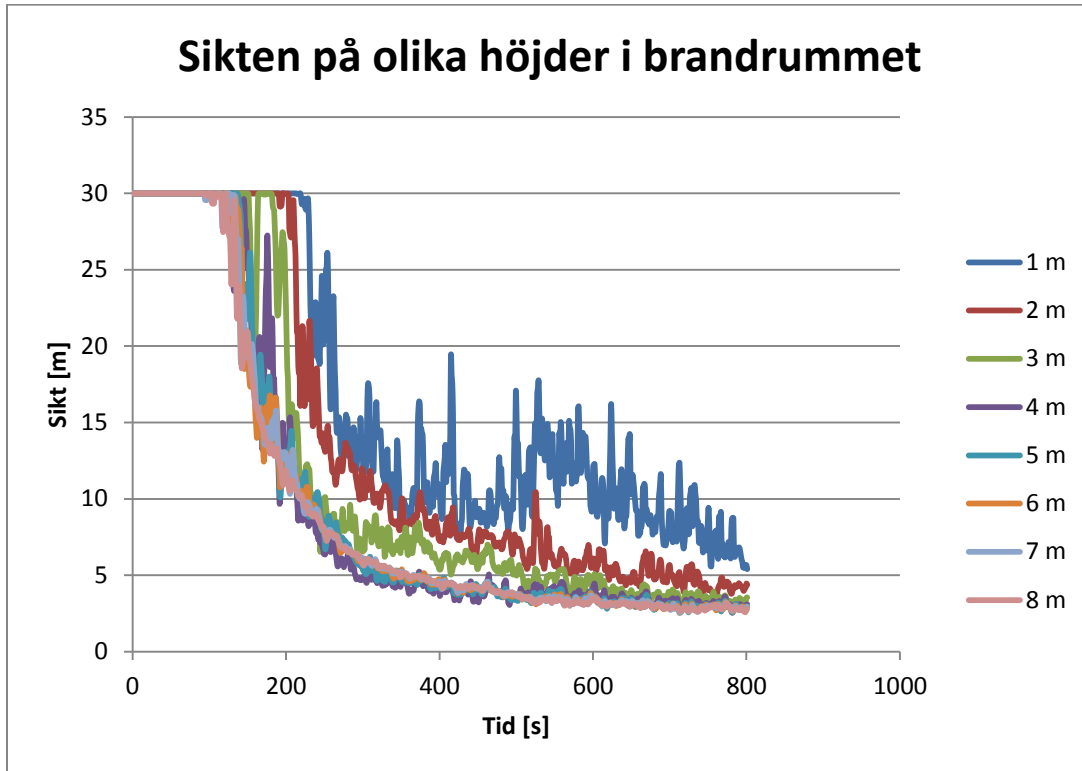
Time: 870.0

Illustration av siktsträckan i brandrummet och området utanför. Överallt utom i brandrummet på plan ett är det god sikt.

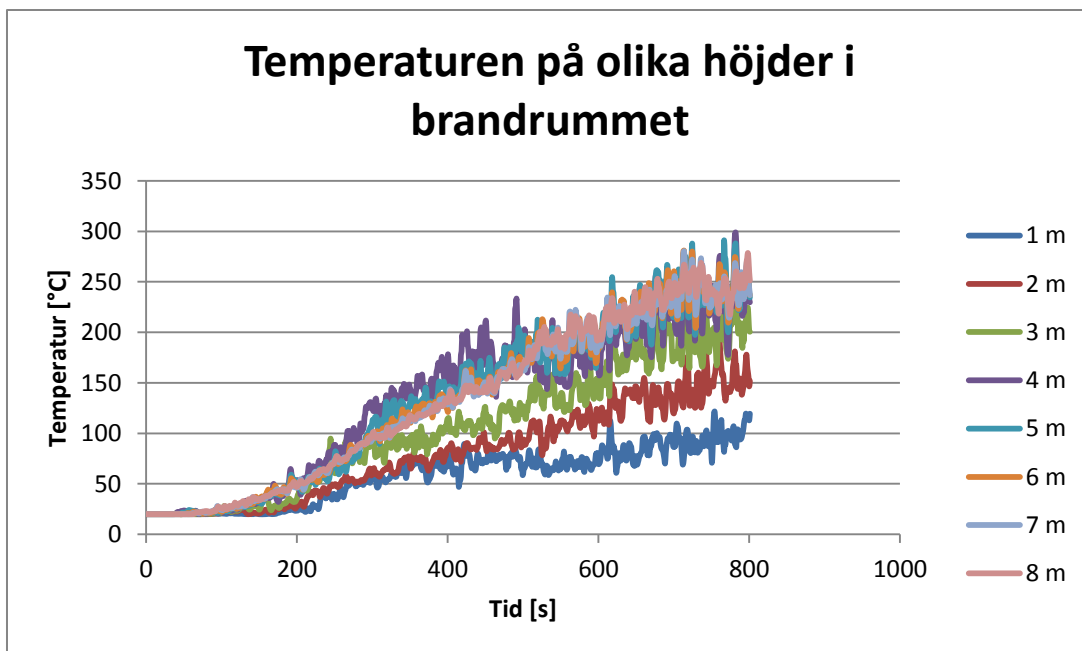
Brandscenario 3

Under den linjära fasen sprider sig branden ut över en yta som totalt är 40 m² stor. Ovanför branden och på våning 2 inne i butiken är cellstorleken 12,5*12,5*12,5 cm³. I utrymningsvägar är cellstorleken 25*25*25 cm³ och i övriga delar 50*50*50 cm³.

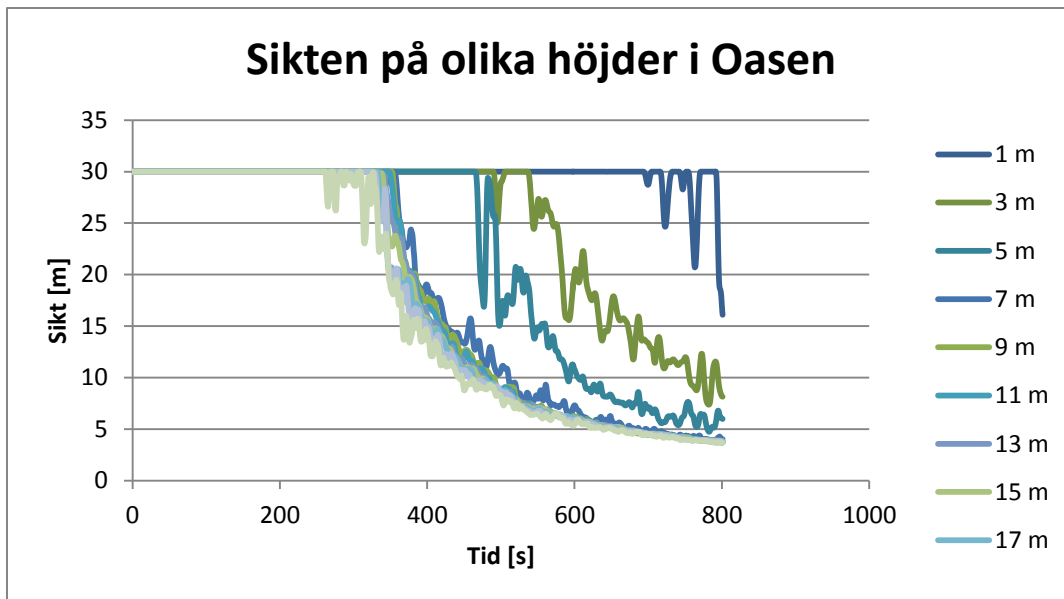
Resultat Brandscenario 3



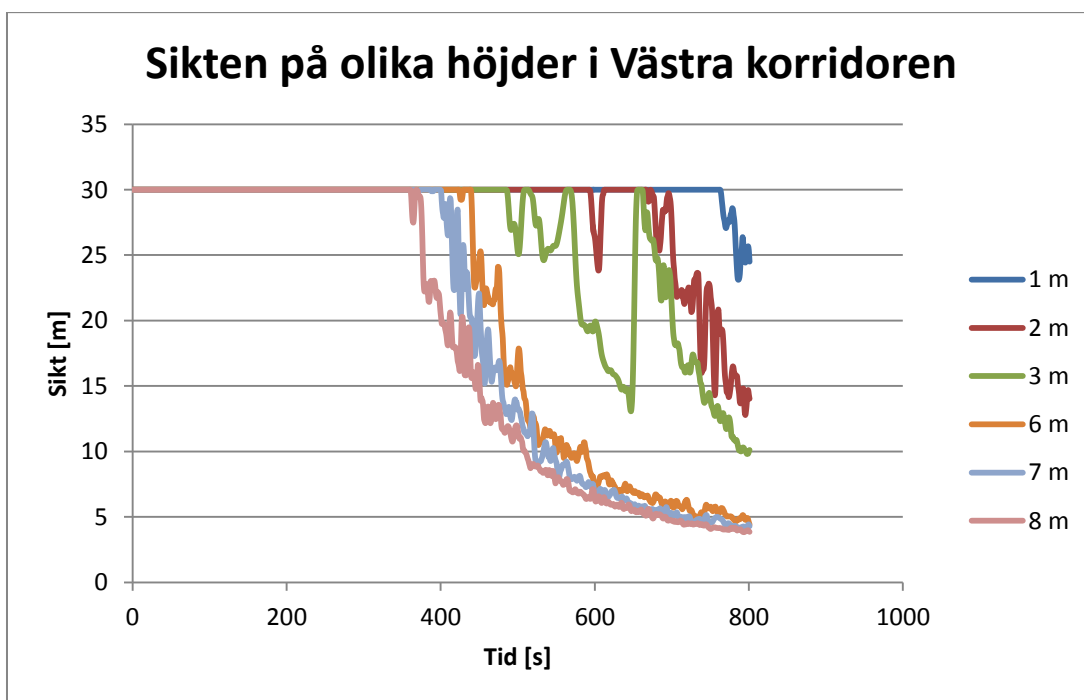
Sikt i brandrummet. Färgskalan till höger anger höjd över golvet från plan 1.



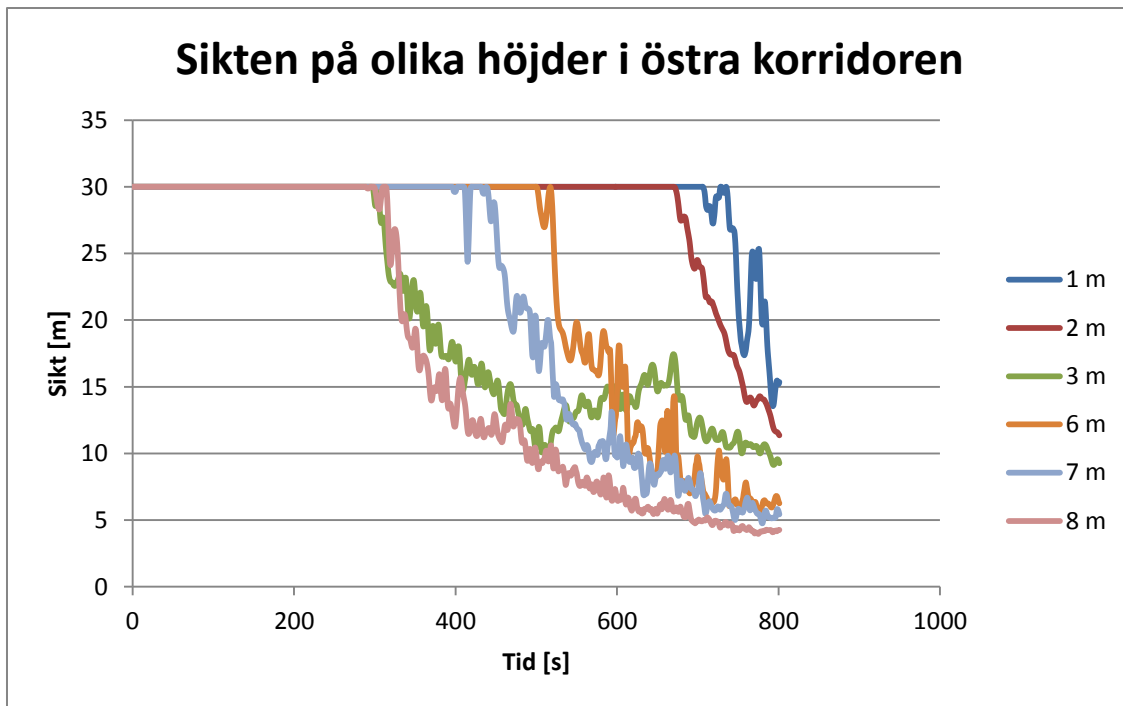
Temperatur i brandrummet. Färgskalan till höger anger höjd över golvet från plan 1.



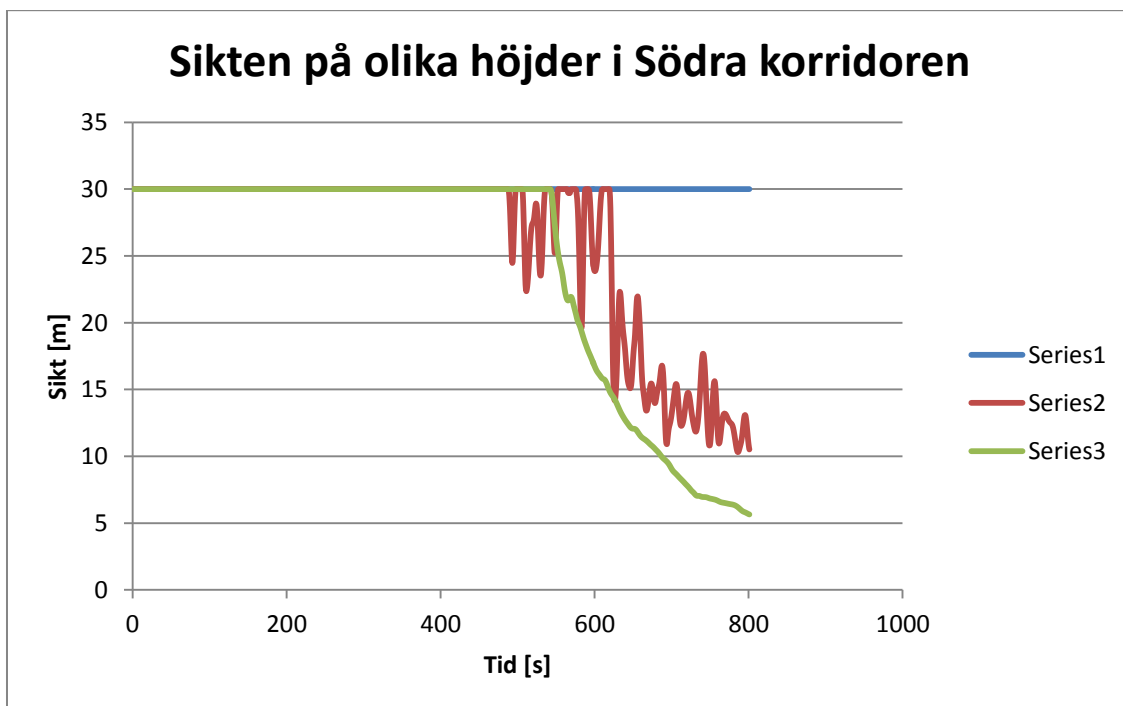
Sikt i atriet ovanför oasen. Färgskalan till höger anger höjd över golvet.



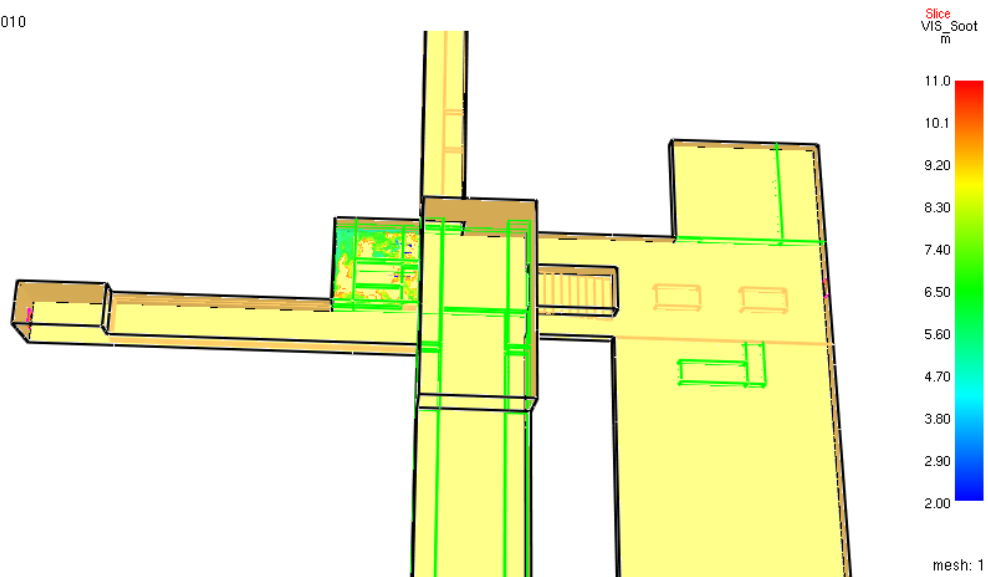
Sikt i västra korridoren. Färgskalan till höger anger höjd över golvet på plan 1.



Sikt i östra korridoren. Färgskalan till höger anger höjd över golvet.

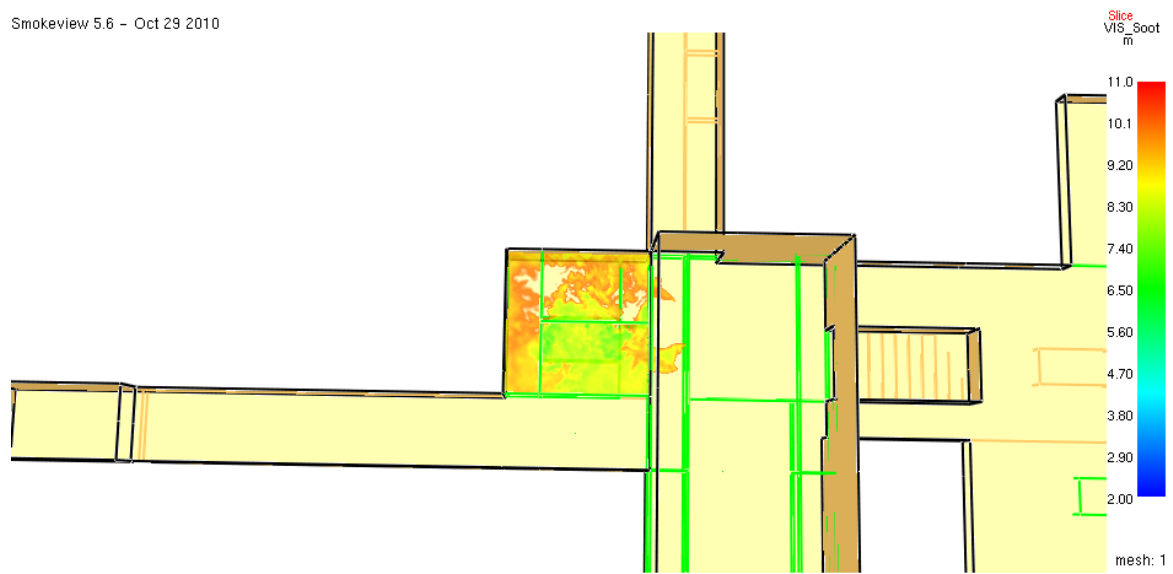


Sikt i södra korridoren. Färgskalan till höger anger höjd över golvet.



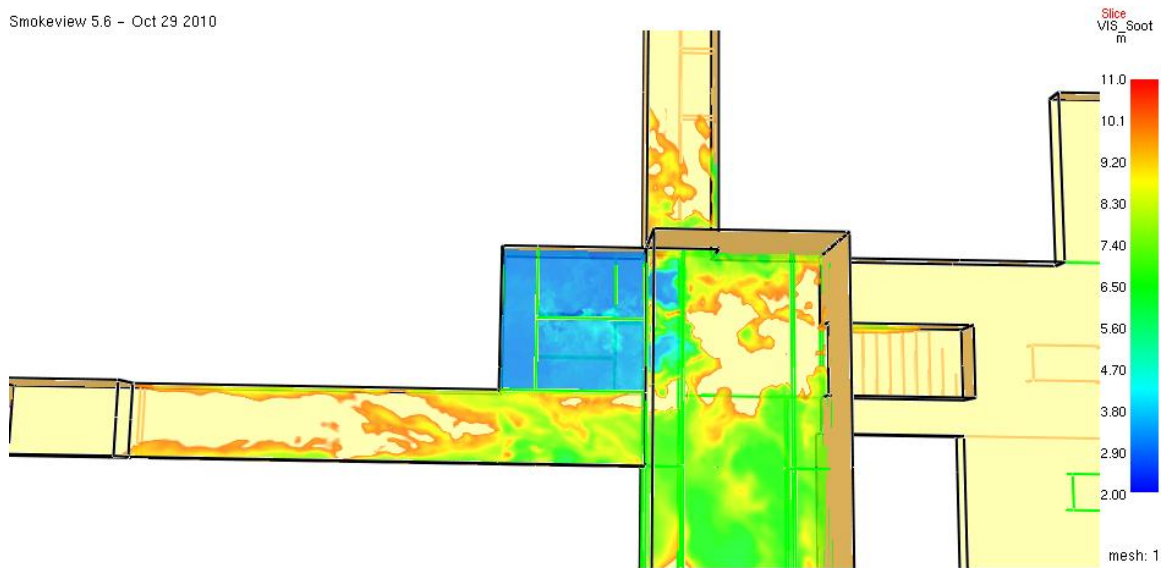
Frame: 228
Time: 228.0

Illustration av sikt 2 meter över plan 2 utanför brandrummet efter ca 4 minuter. Överallt utanför brandrummet är det god sikt.



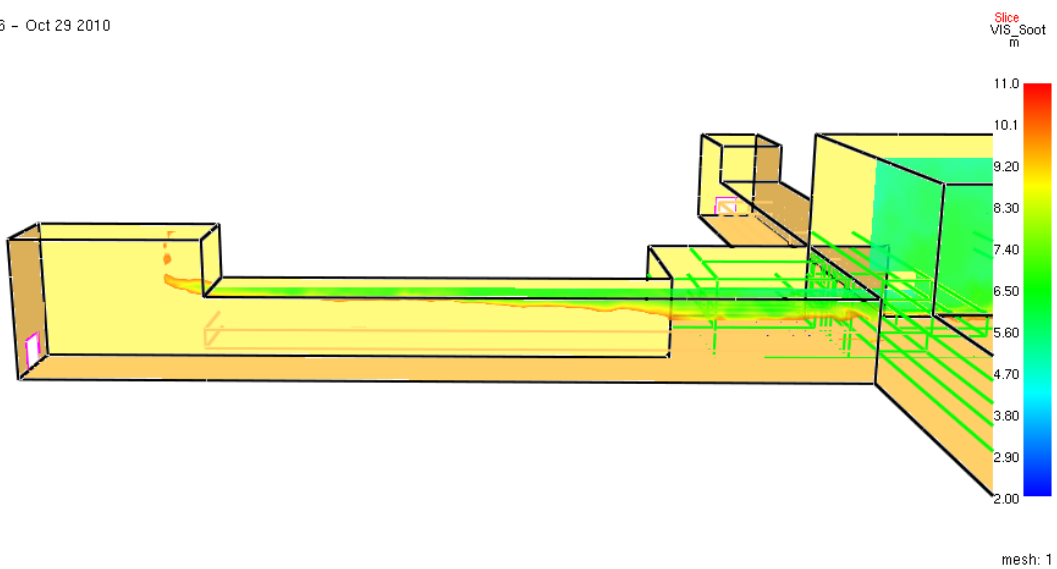
Frame: 246
Time: 246.0

Illustration av sikt på två meter över plan 2 utanför brandrummet strax efter 4 minuter. Sikten börjar bli dålig precis utanför brandrummet.



Frame: 562
Time: 562.0

Illustration av sikt på två meter över plan 2 utanför brandrummet strax efter 9 minuter. Sikten är dålig i västra korridoren och börjar bli dålig i östra.



Frame: 602
Time: 602.0

Illustration av sikt i vertikal skärning genom västra korridoren.

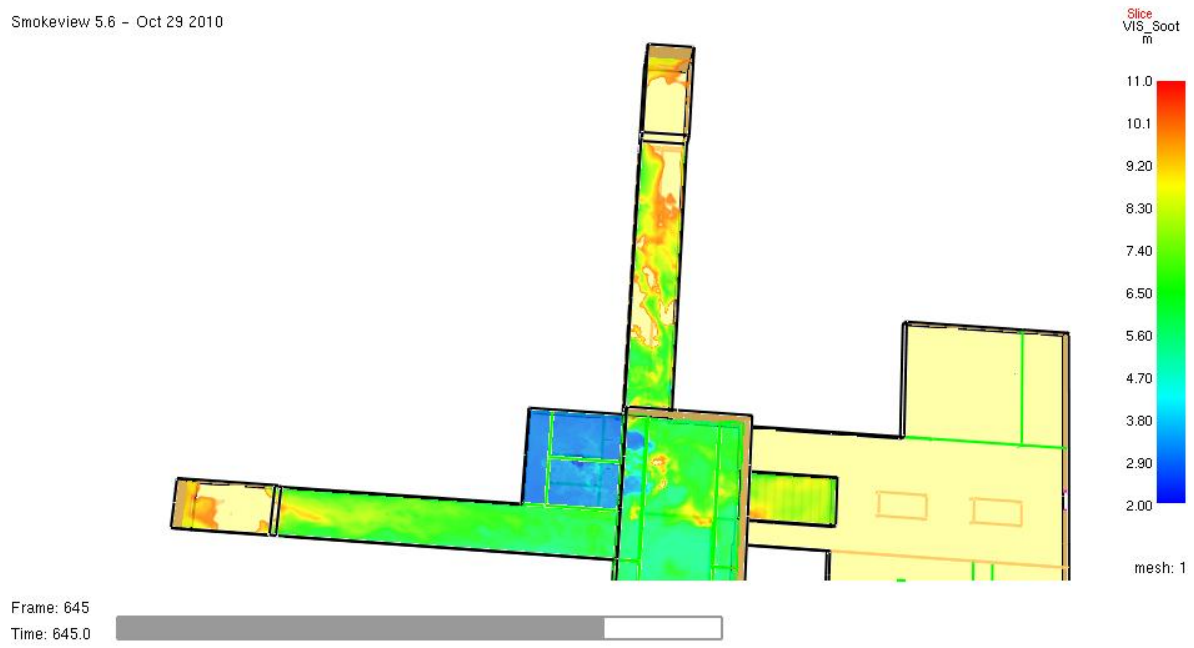


Illustration av sikt på två meter över plan 2 utanför brandrummet strax innan 11 minuter. Sikten är dålig i östra och västra korridorerna.

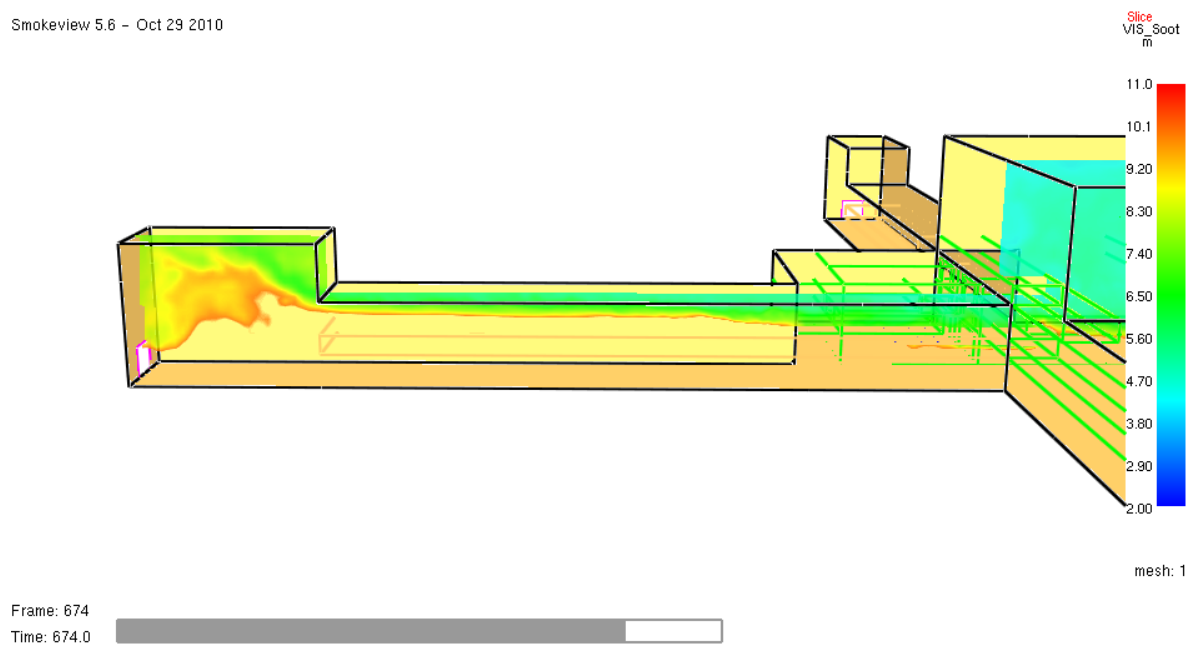
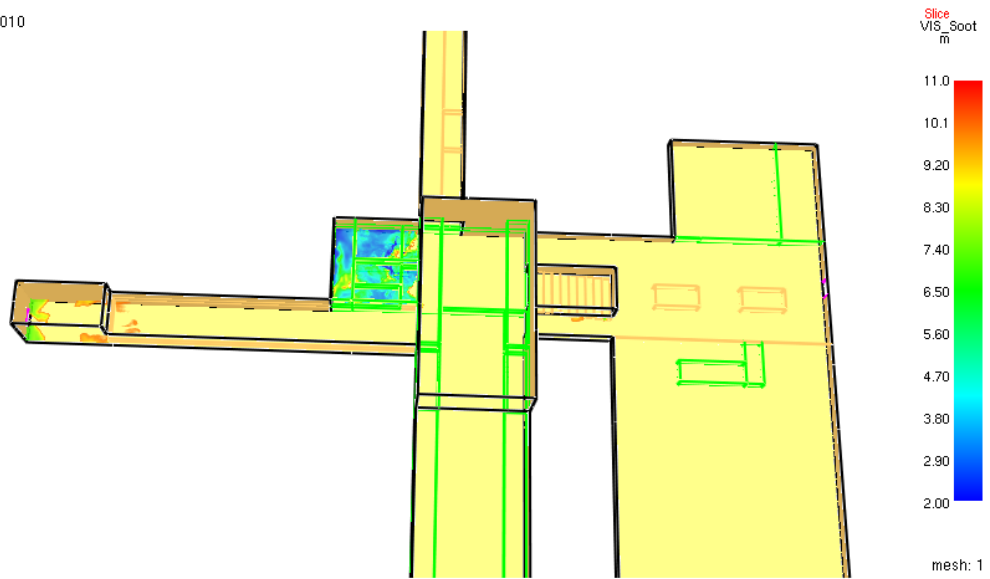
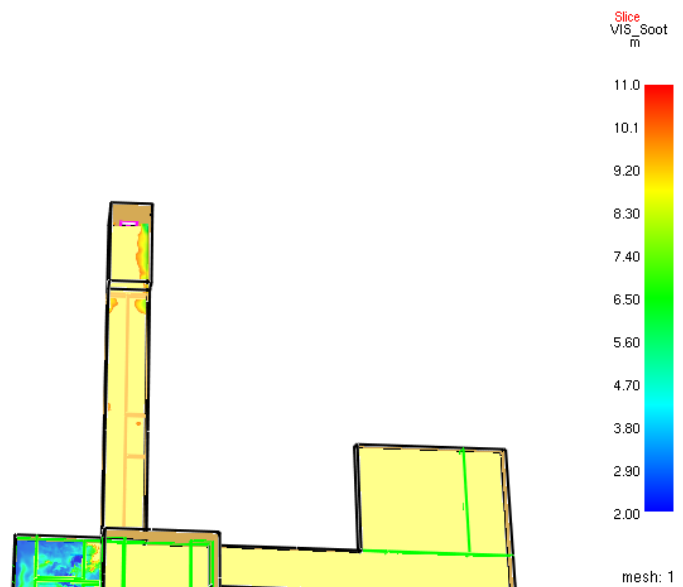


Illustration av sikt i vertikal genomskärning i västra korridorerna efter ca 11 minuter.



Frame: 701
Time: 701.0

Illustration av sikt två meter över golvet på plan ett efter ca 11 minuter.



Frame: 774
Time: 774.0

Illustration av sikt två meter över golvet på plan ett i östra korridoren efter ca 11 minuter.

Bilaga C – Utrymningsberäkningar

Denna bilaga visar utrymningen i form av stillbilder från Simulex simuleringarna. Både i brandscenario 1 och brandscenario 2 har simuleringarna utförts både med rekommendationer från brandskyddshandboken samt med antagna normalvärden på persontätheten.

Handberäkning av utrymningstider

I Boverkets rapport om utrymningsdimensionering finns formler för handberäkning av utrymningstider (Boverket, 2006). En formel tar fram gångtiden och en tar fram tiden det tar för en angiven mängd personer att ta sig genom en dörr med en viss bredd. Den senare ses nedan:

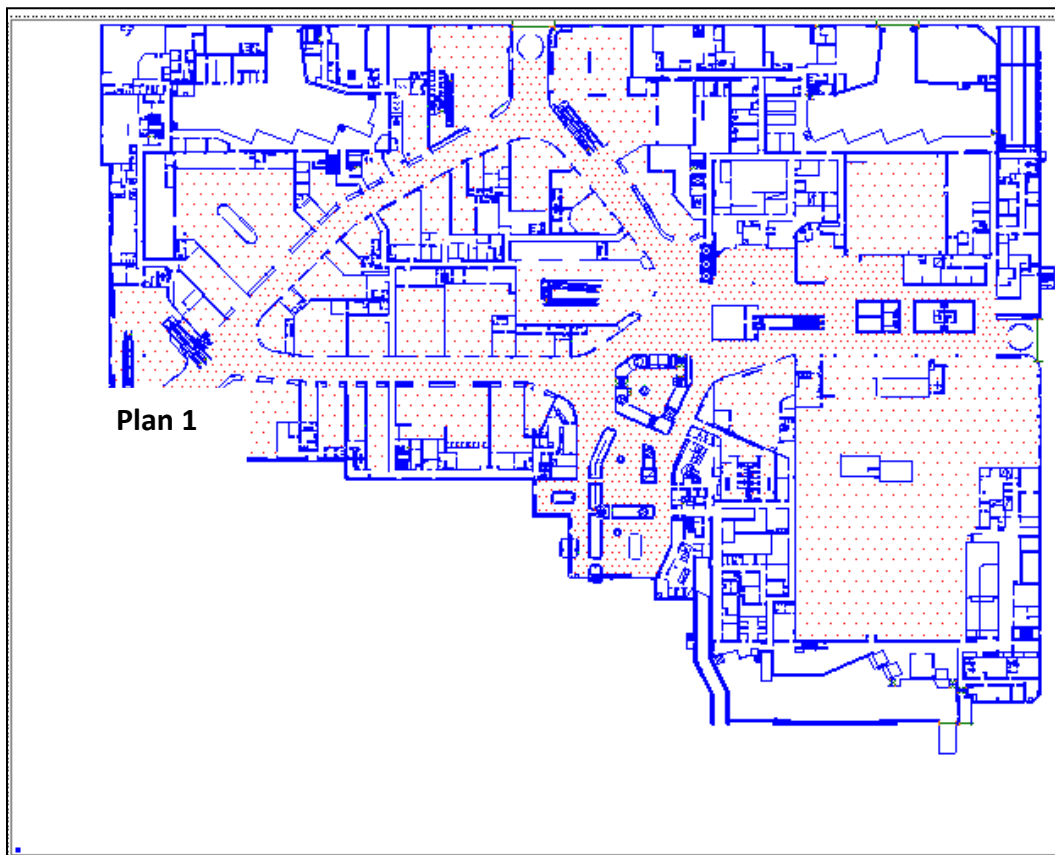
$$t_{dörr} = \frac{n}{b \cdot f}$$

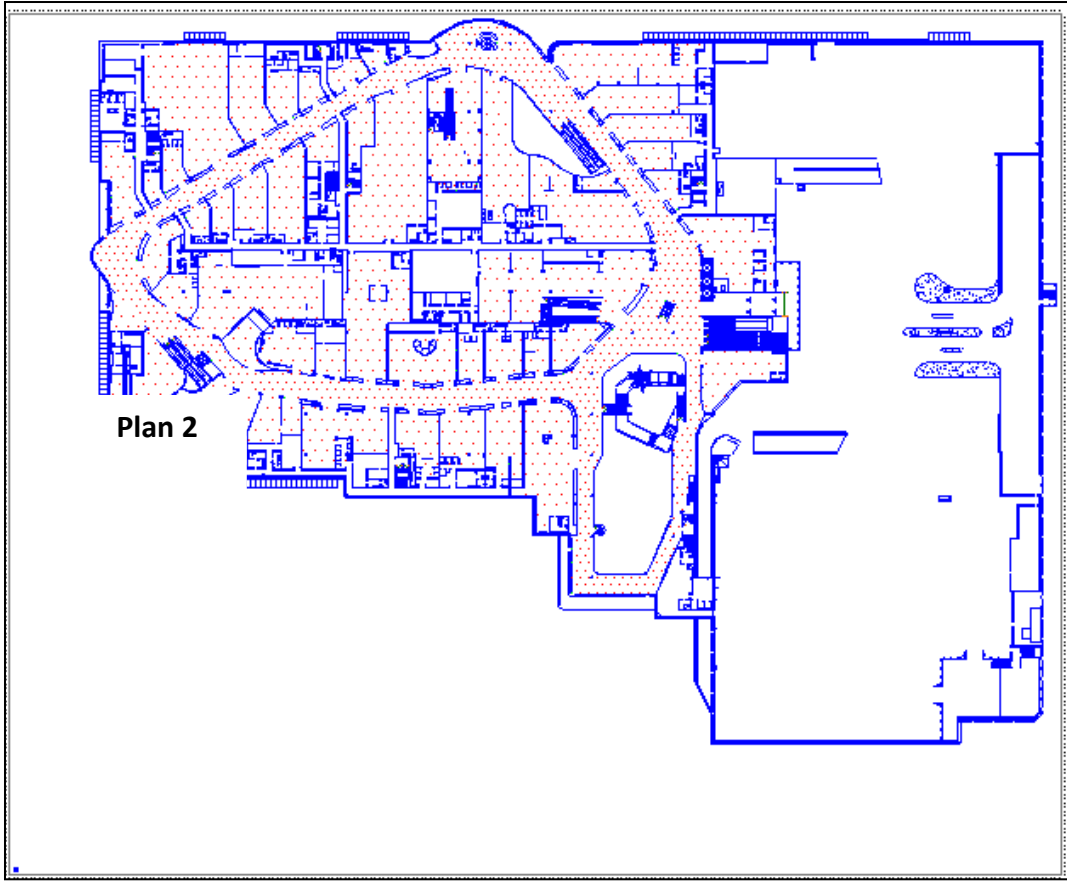
I brandscenario 1 adderas utrymningsvägarnas dörrbredder till 21,7 meter och i brandscenario 2 och 3 till 17,6 meter. Flödet sätts till 1,0 personer/sekund*meter(Referens). Då utrymningsvägens längd varierar kraftigt mellan kortaste och längsta sätts istället tiden fram till dörren från tiden då branden startar till 180 sekunder. Förberedelsetiden är för de flesta utrymmande 120 sekunder och en uppskattat genomsnittlig tid från Simulex ger 60 sekunder i förflyttningstid fram till dörrarna. Resultaten presenteras i tabell 8.2.3.4.

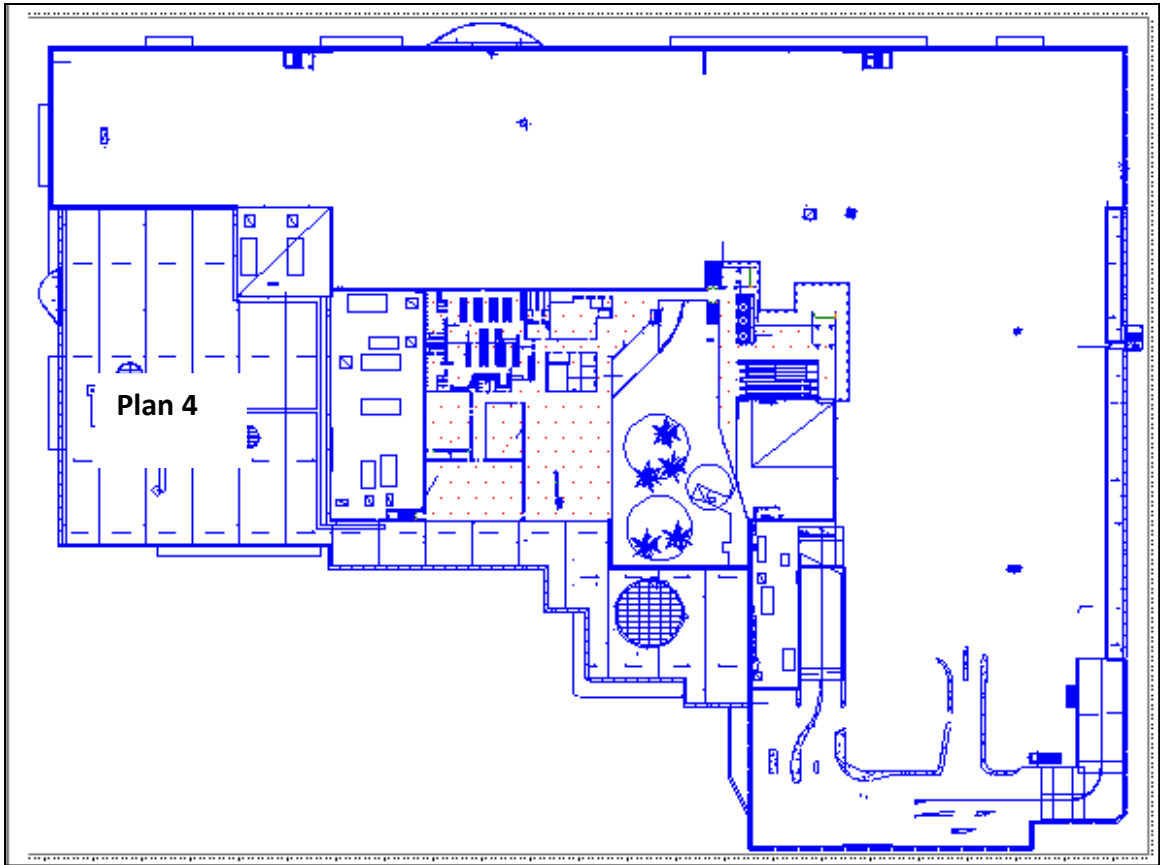
Simuleringar i Simulex

Brandscenario 1 – Låg persontäthet

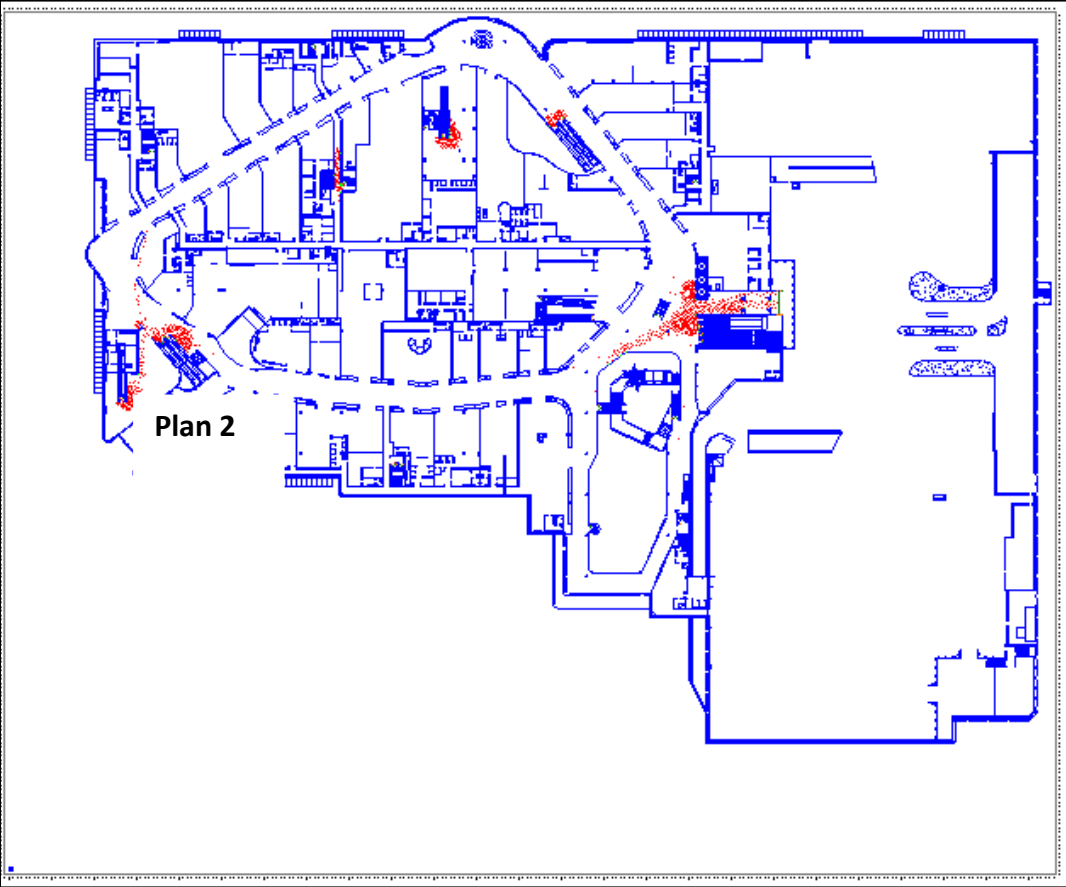
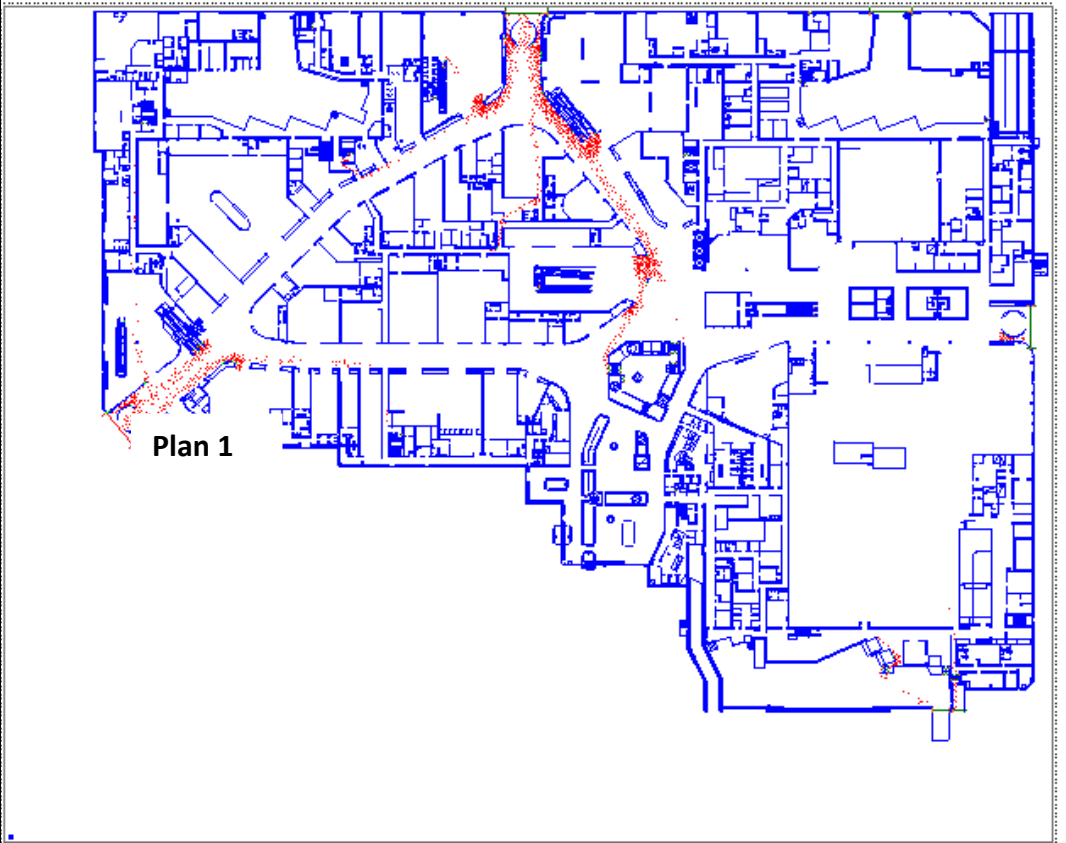
Simuleringsstart, efter 0 sekunder.

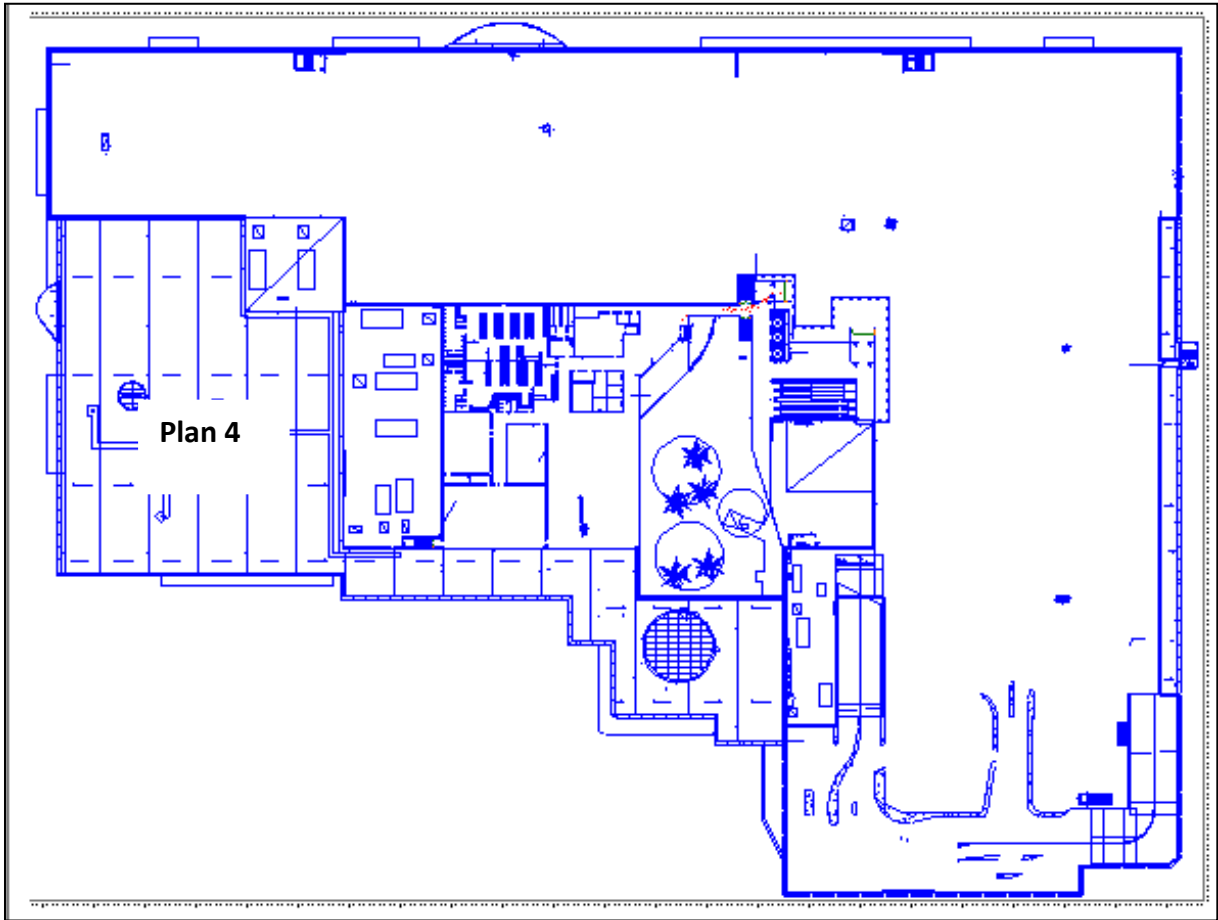




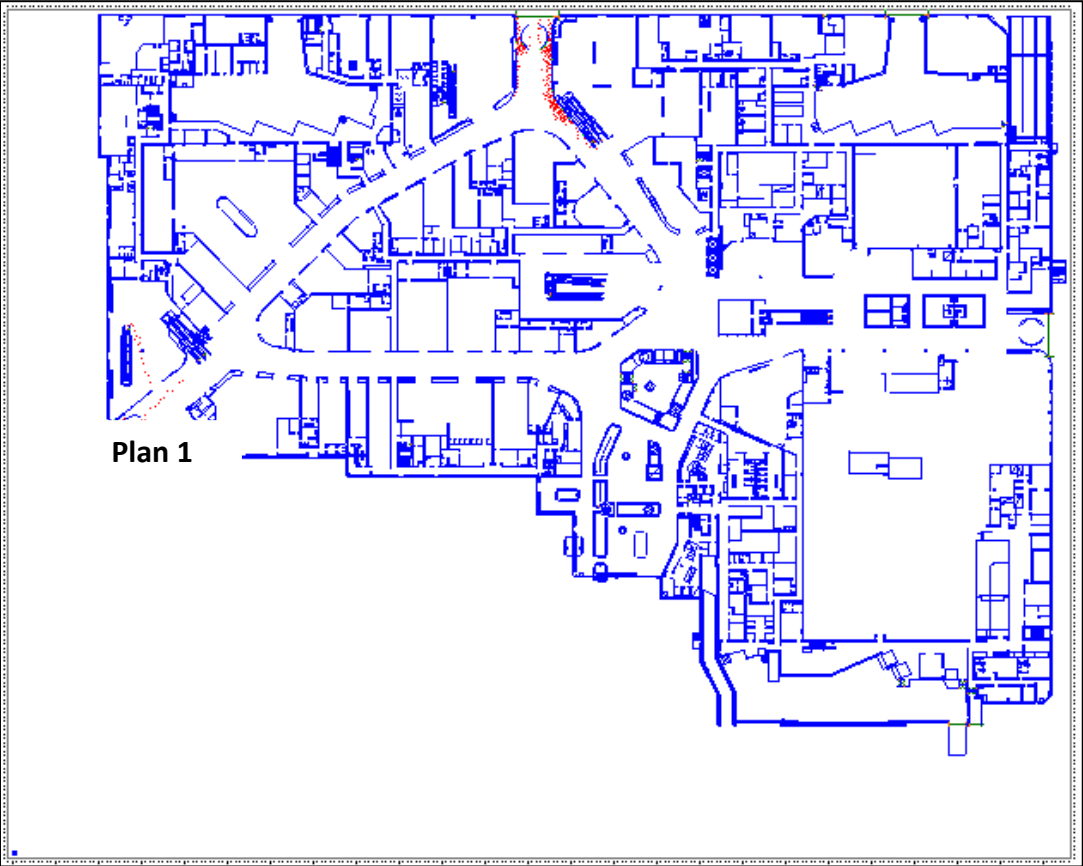


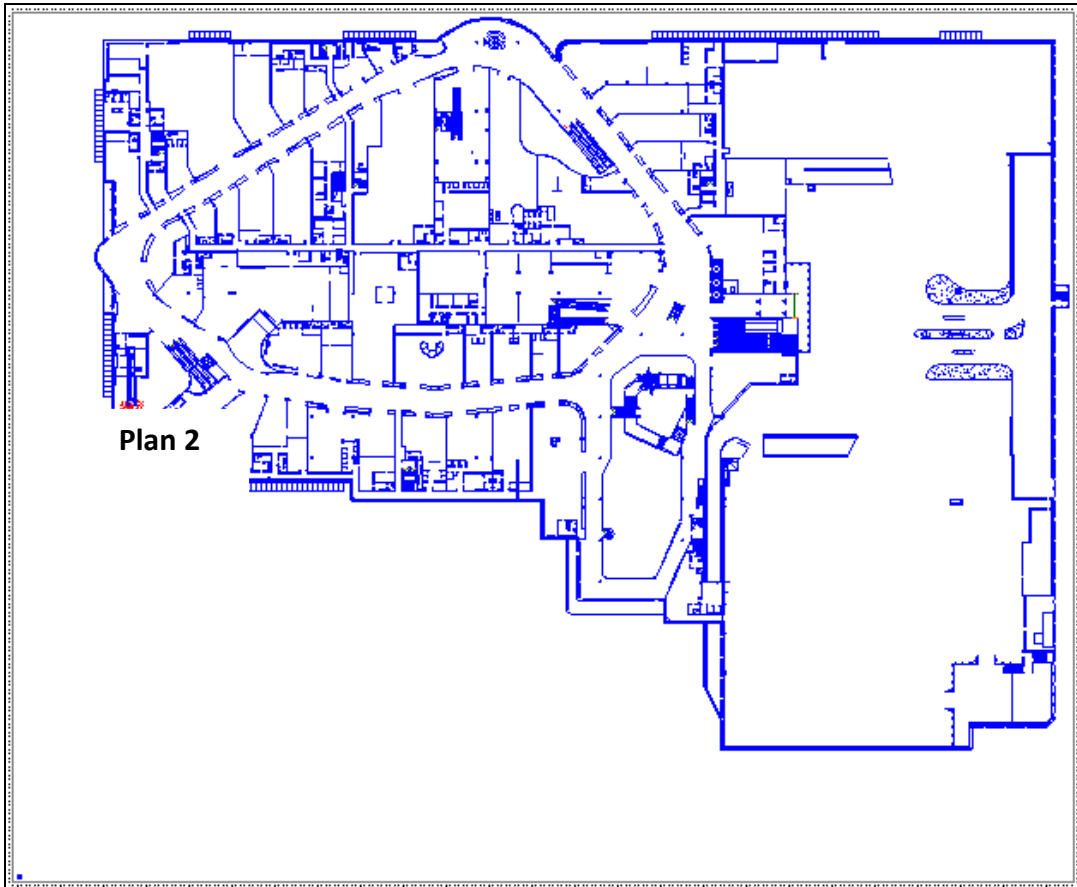
Efter 330 sekunder.

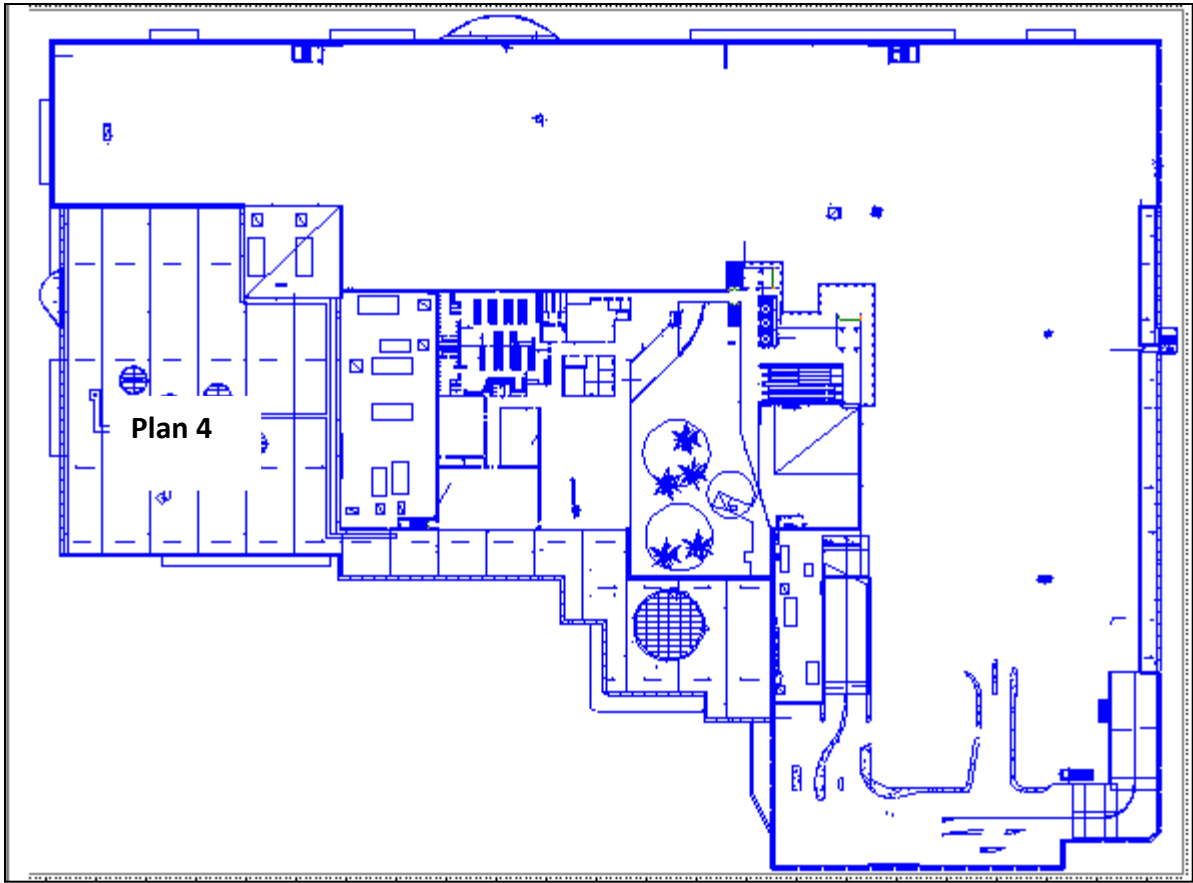




Efter 700 sekunder.

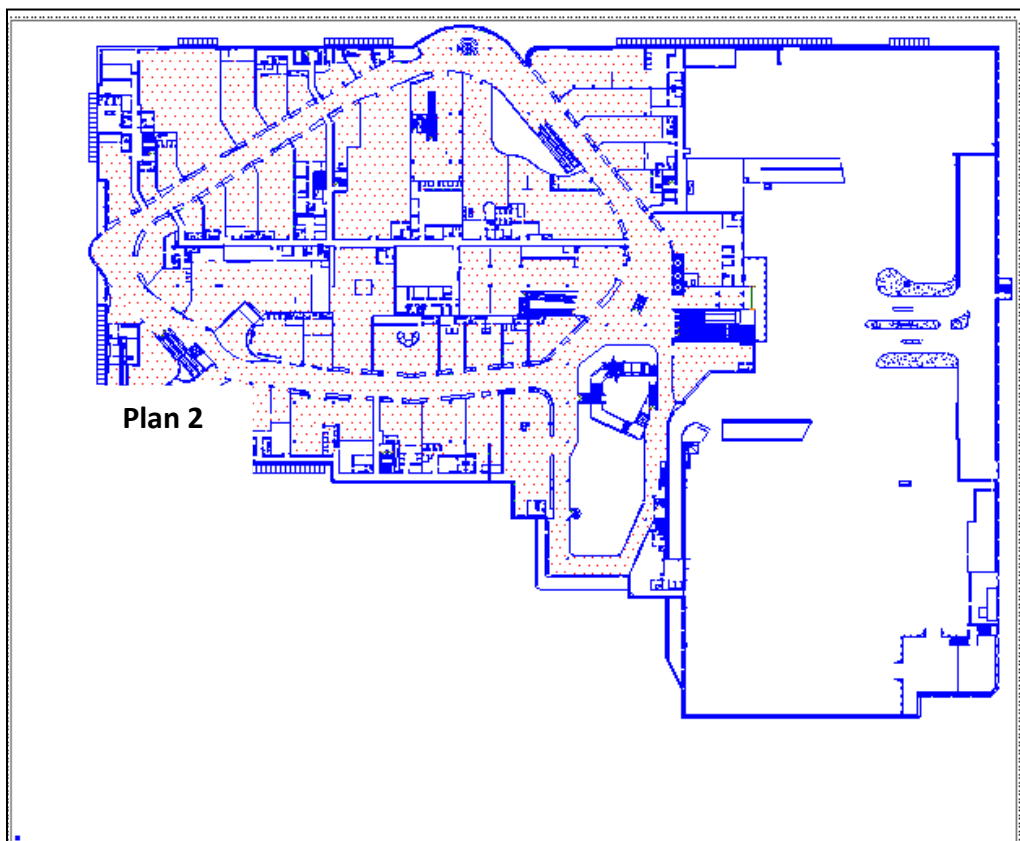
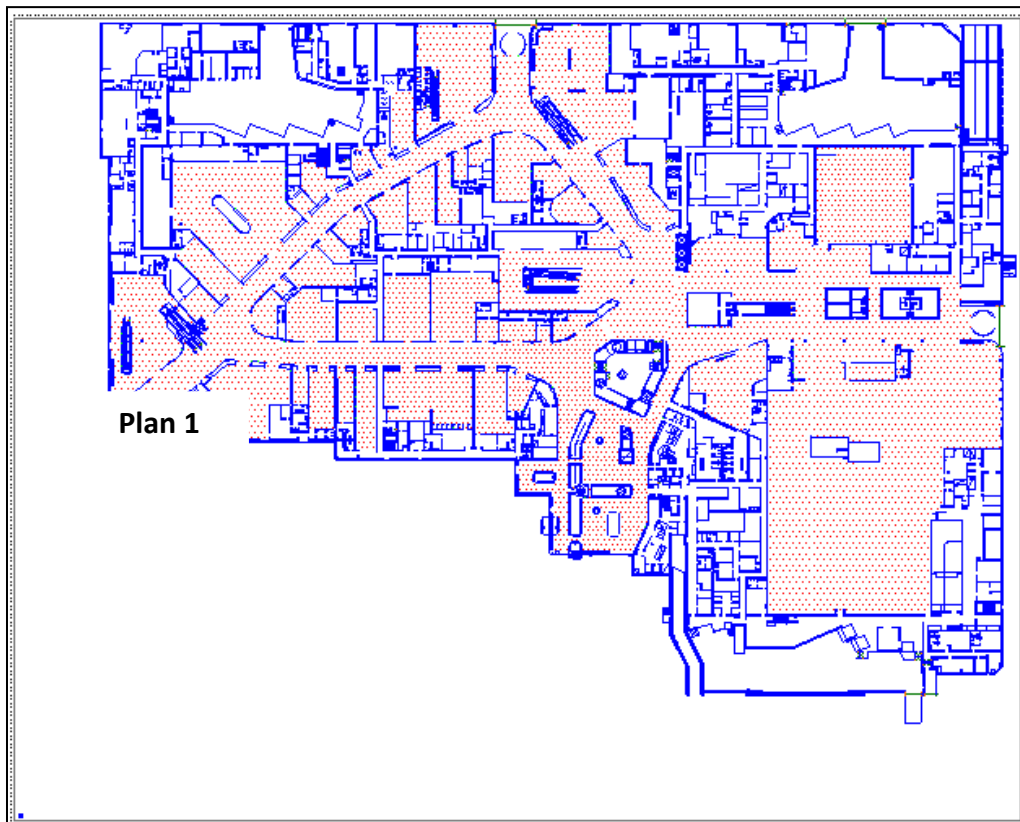


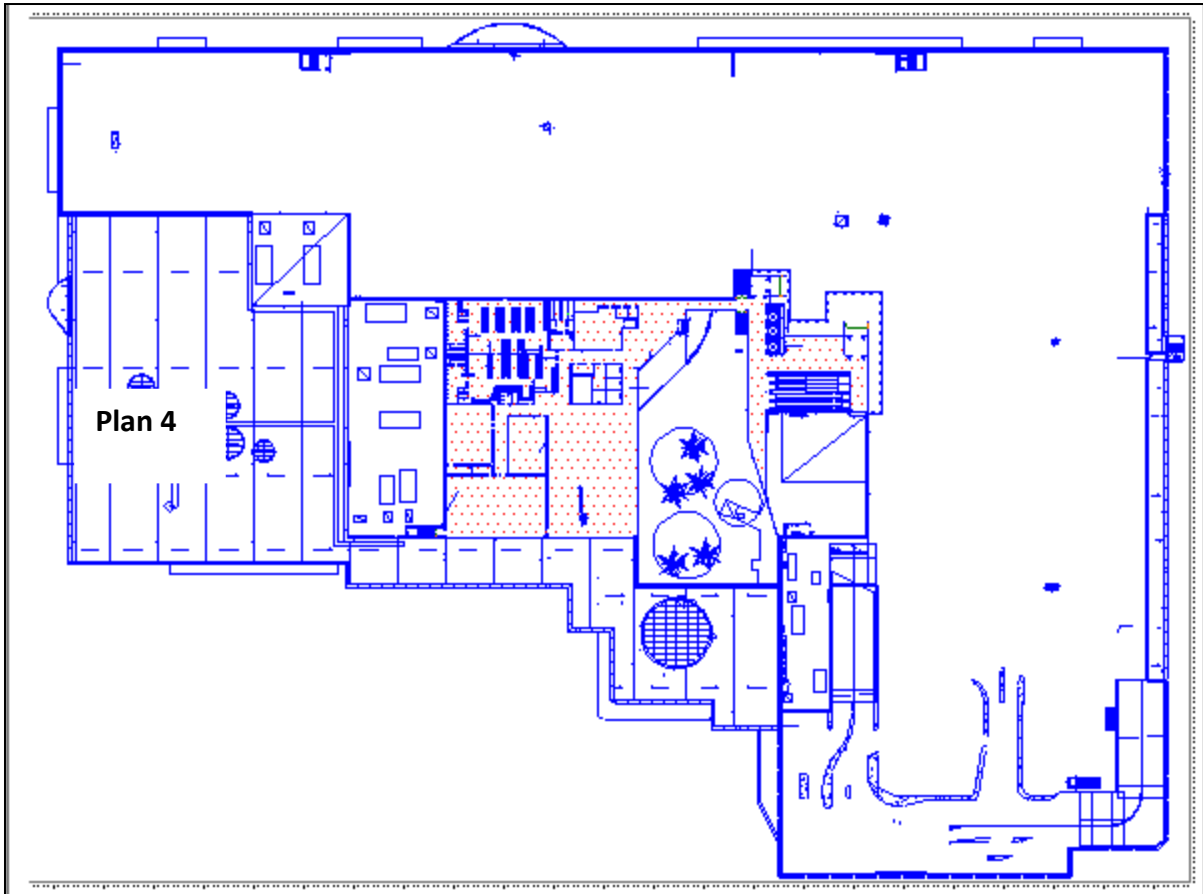




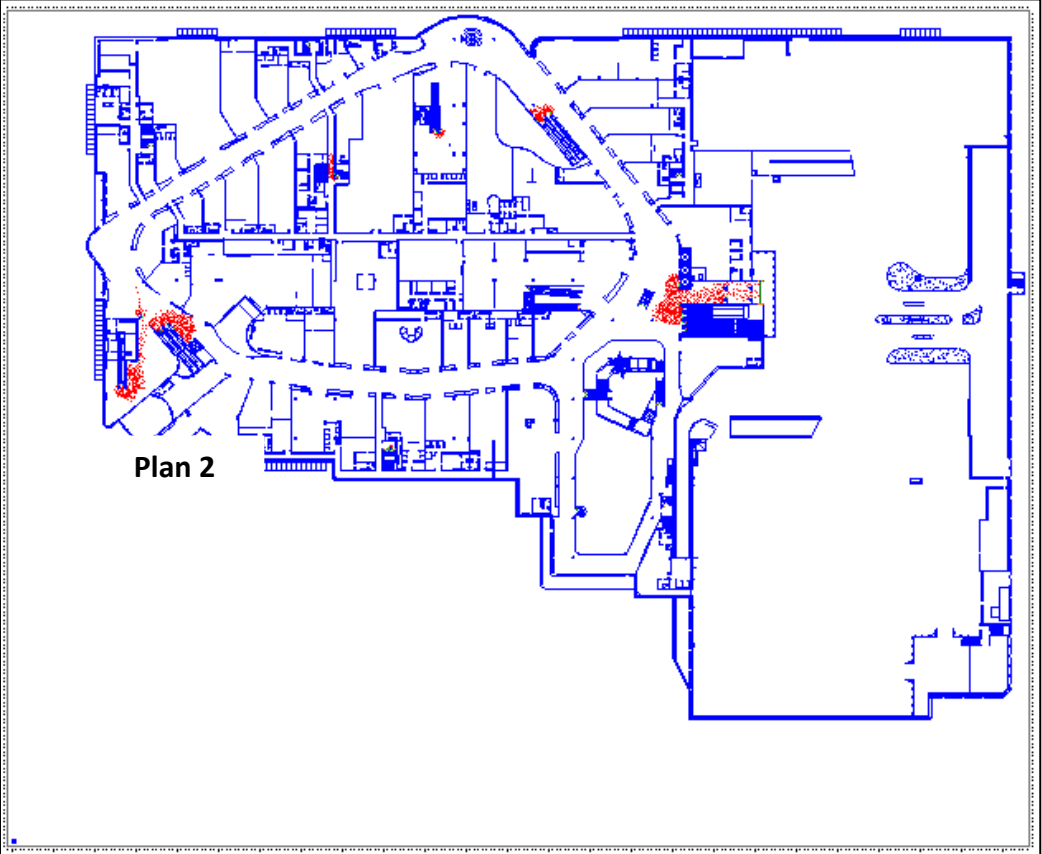
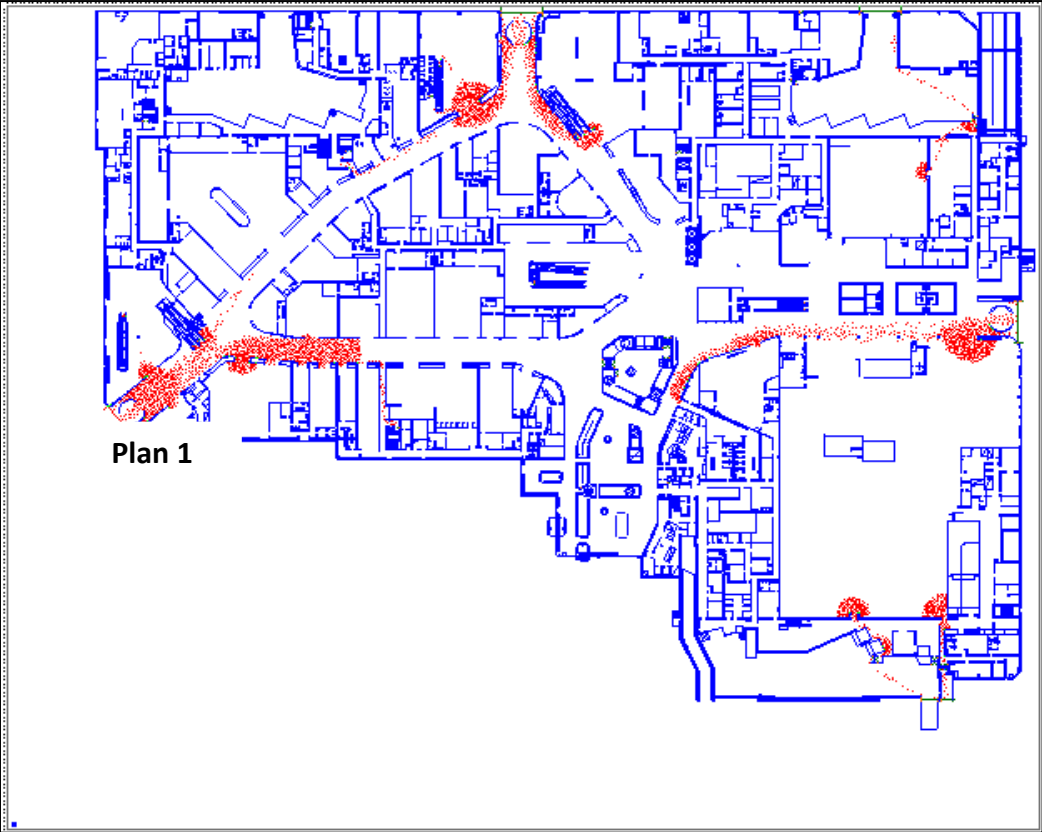
Brandscenario 1 – Hög persontäthet

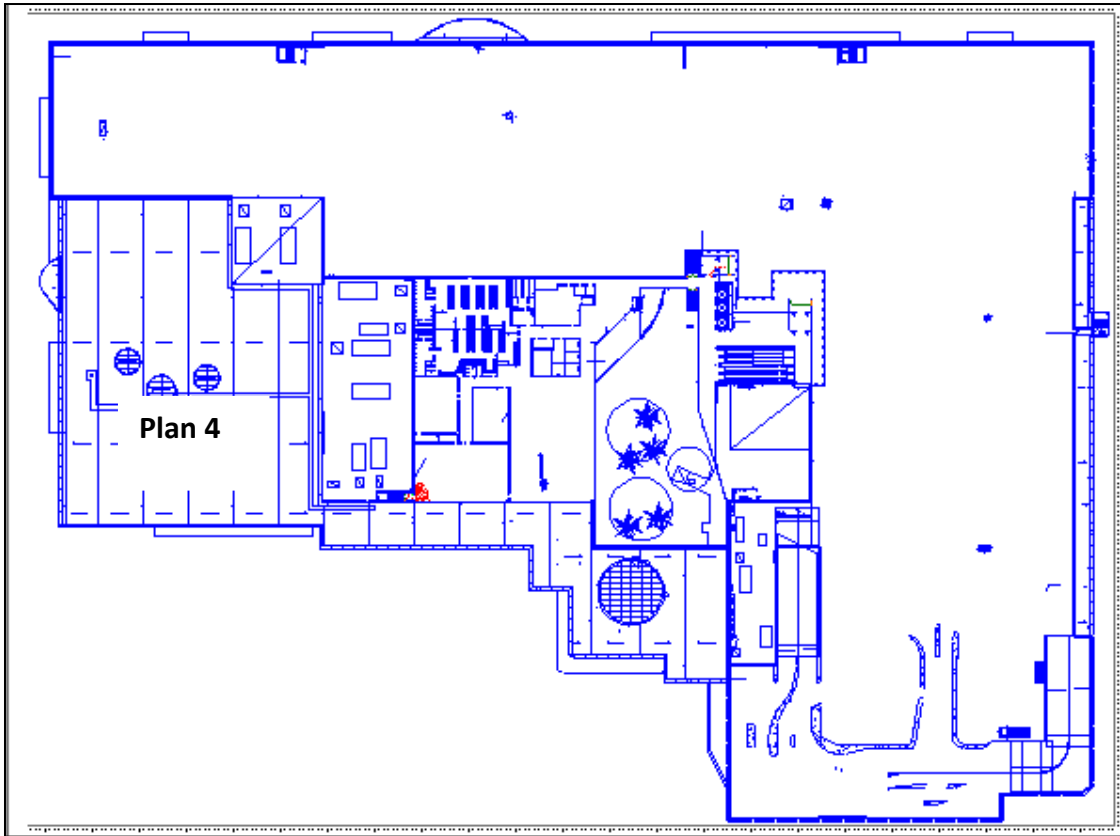
Simuleringsstart, efter 0 sekunder.



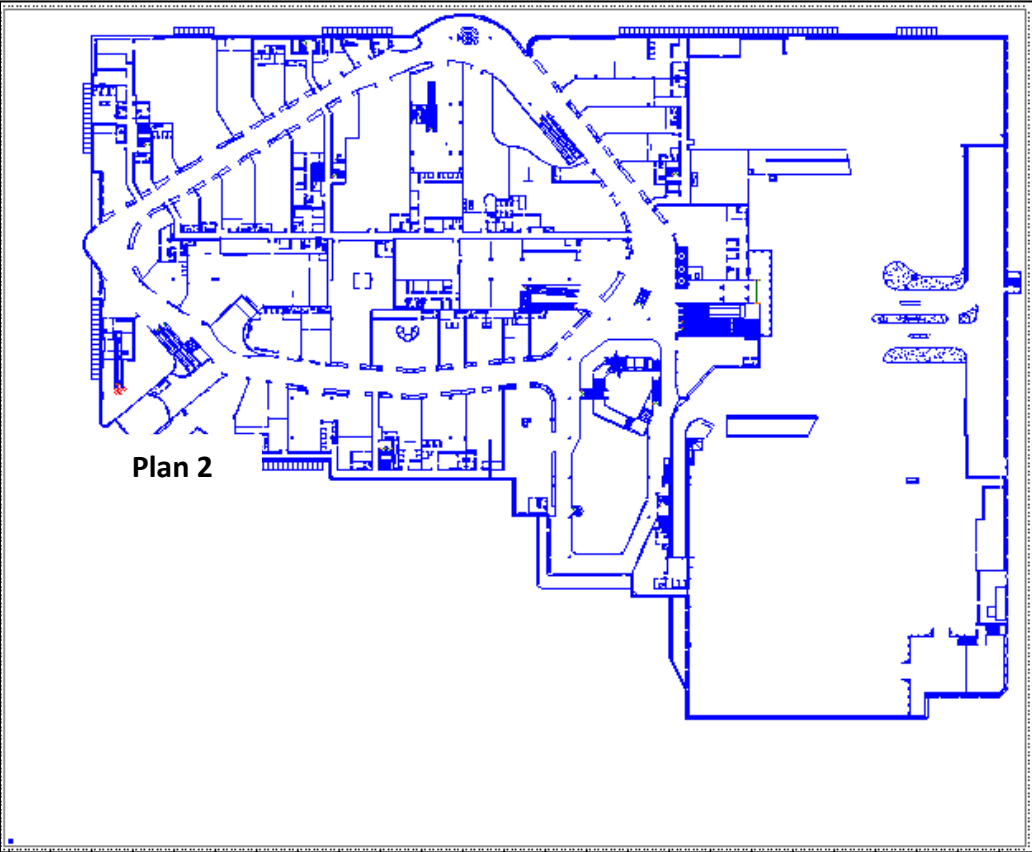
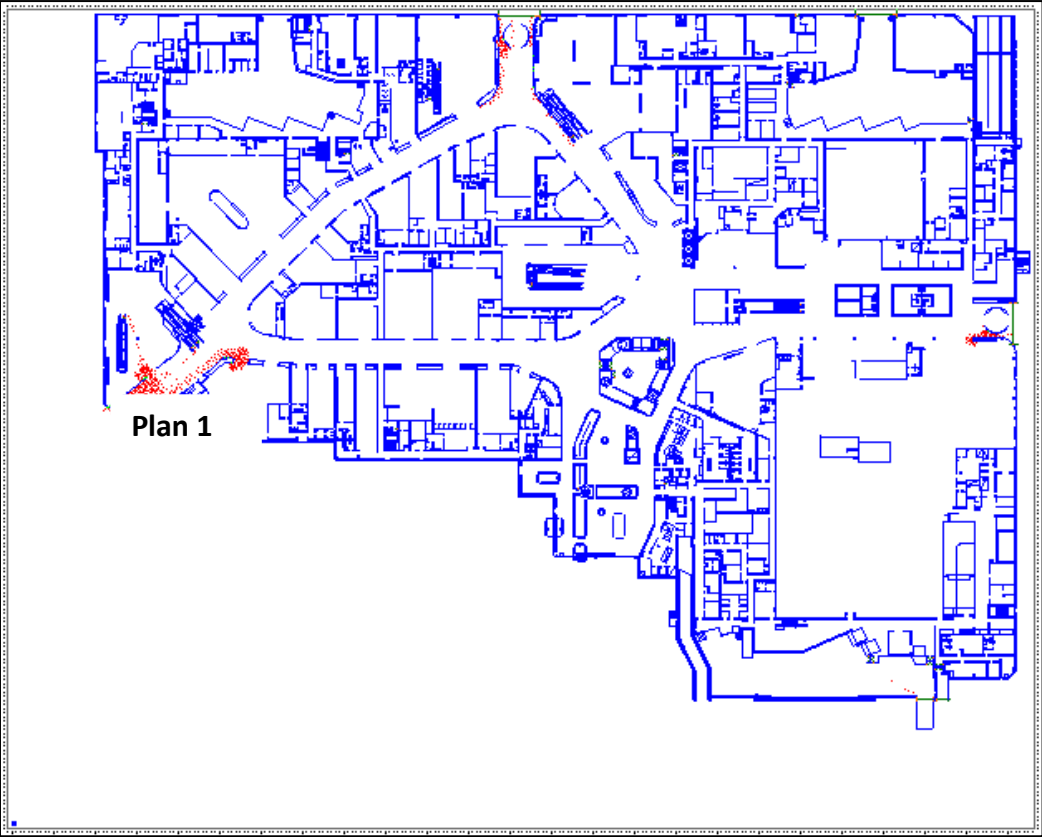


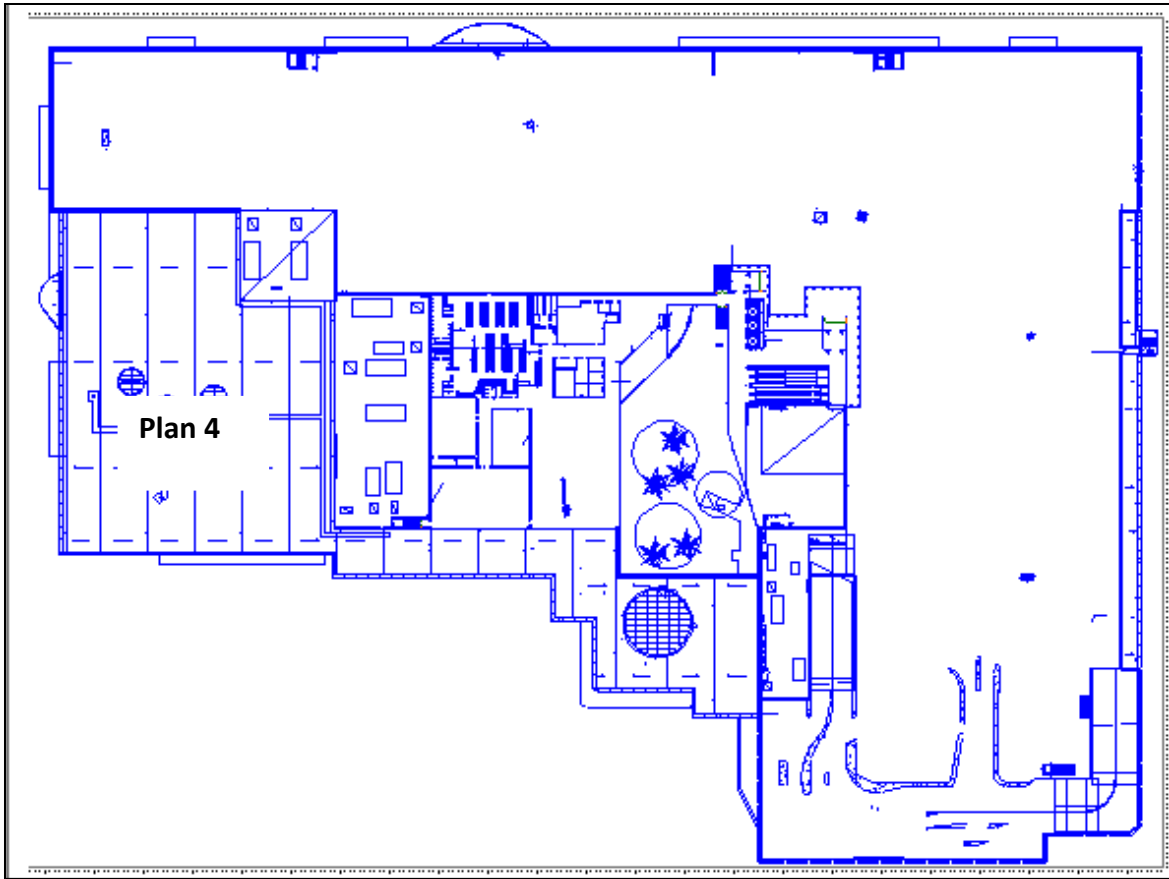
Efter 430 sekunder.





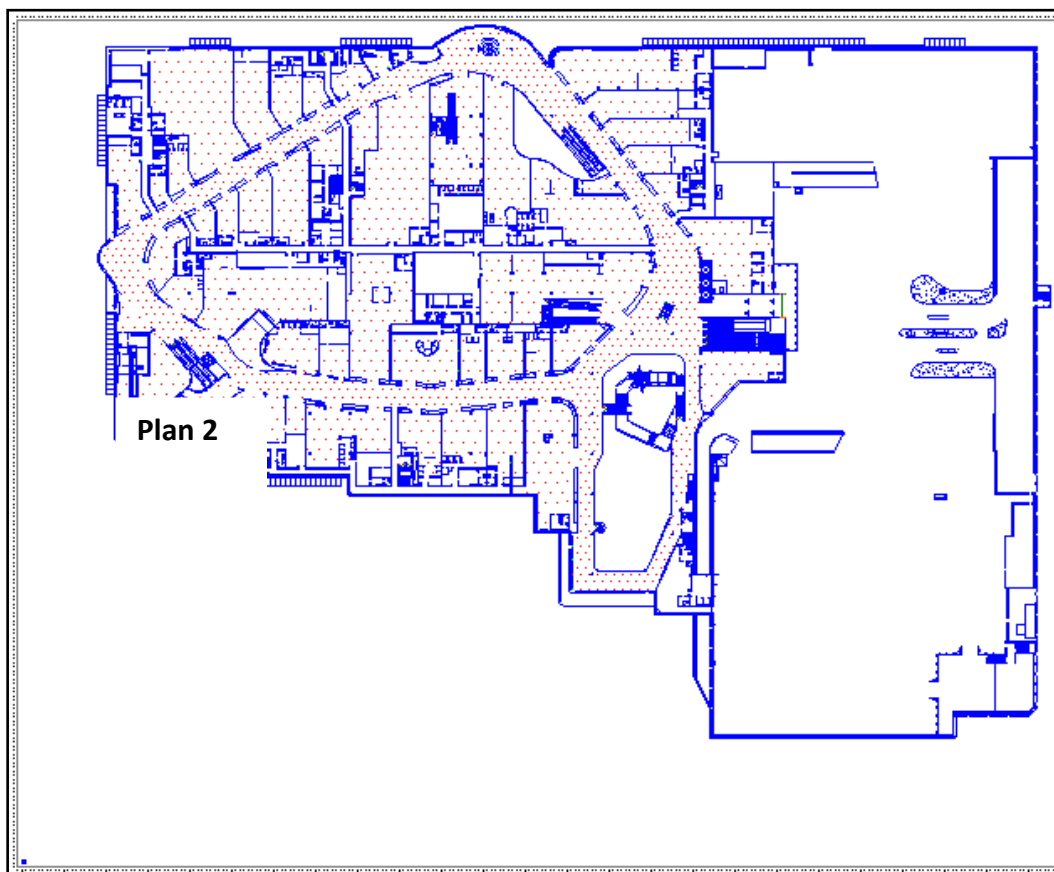
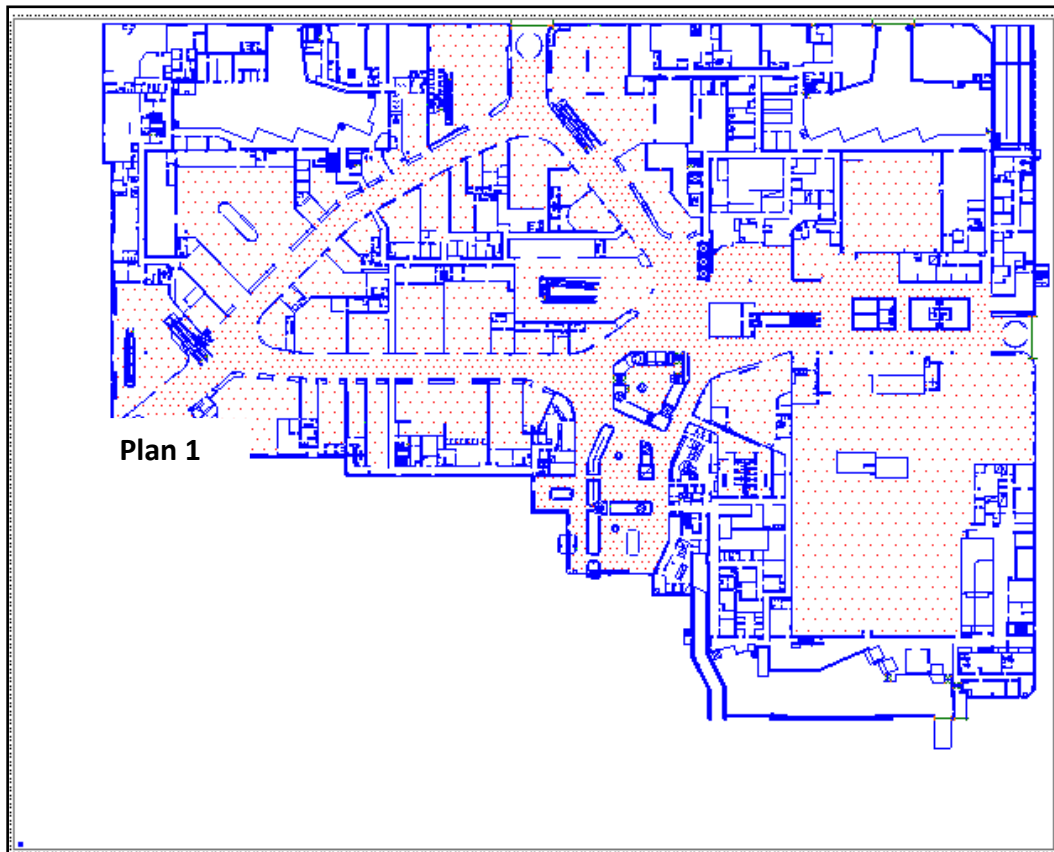
Efter 900 sekunder.

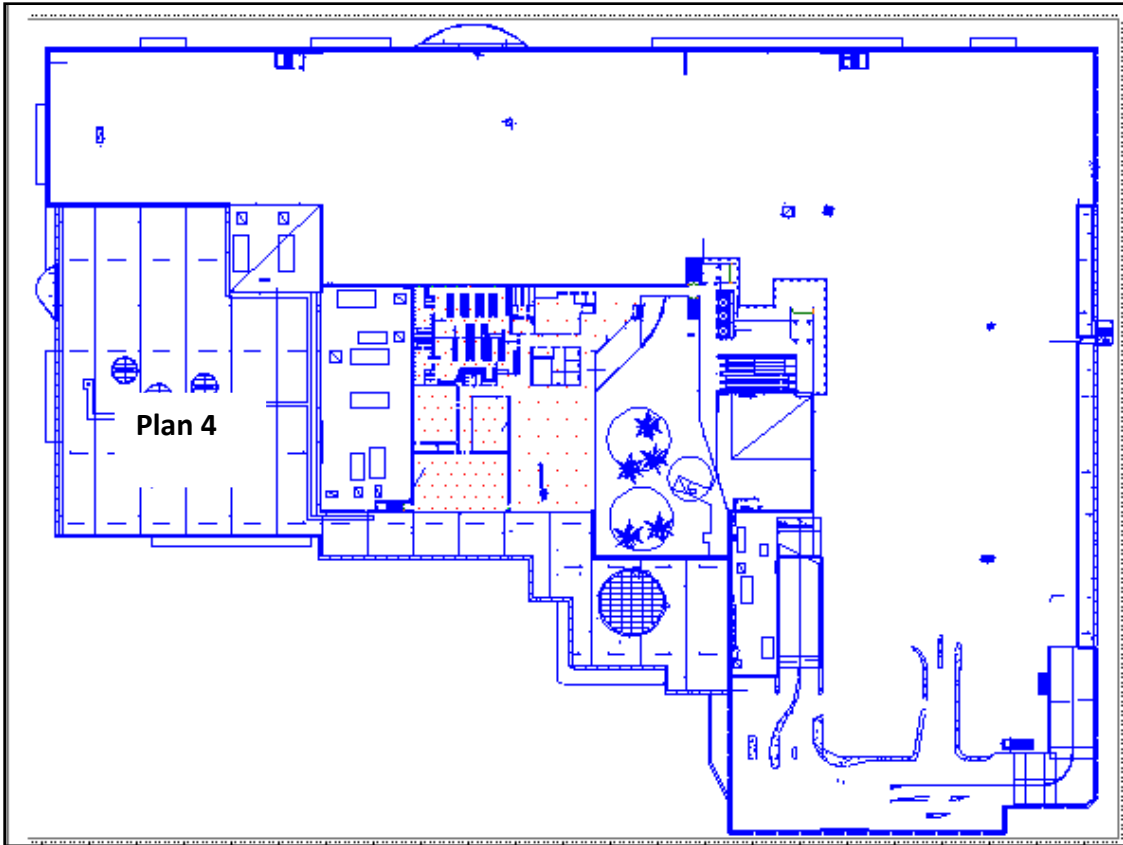




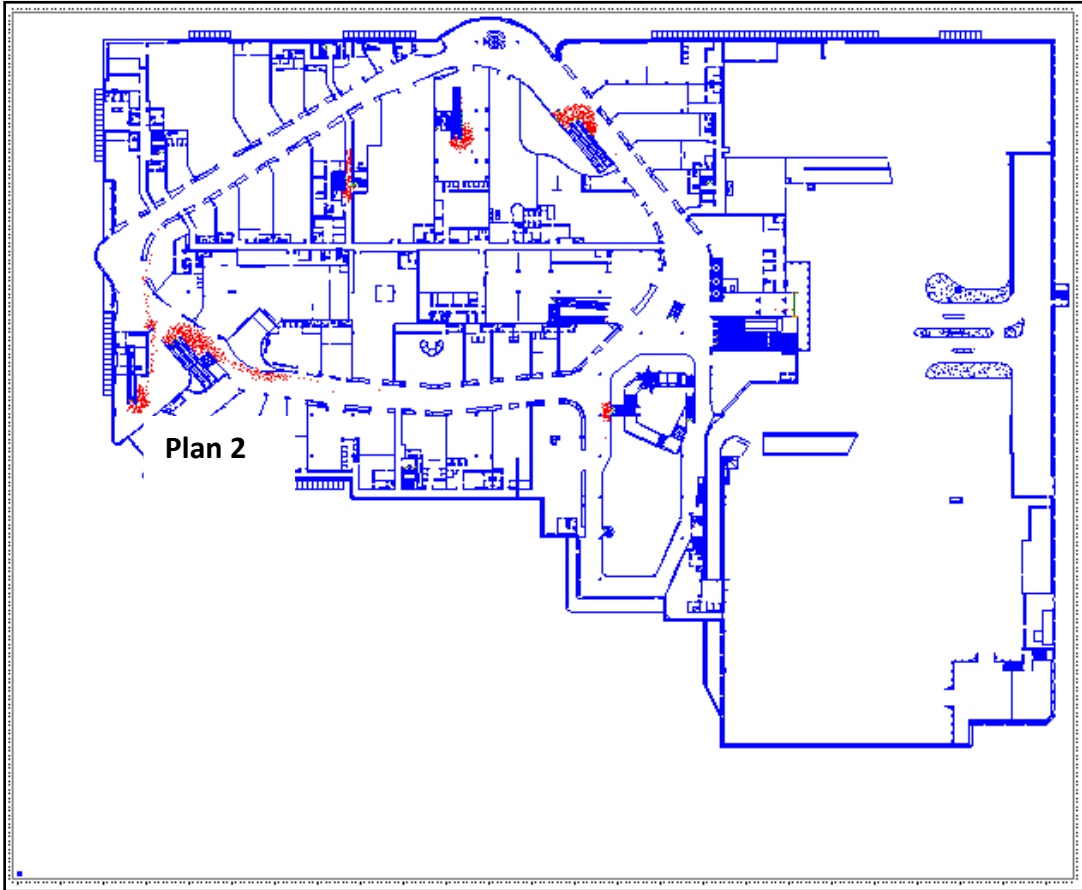
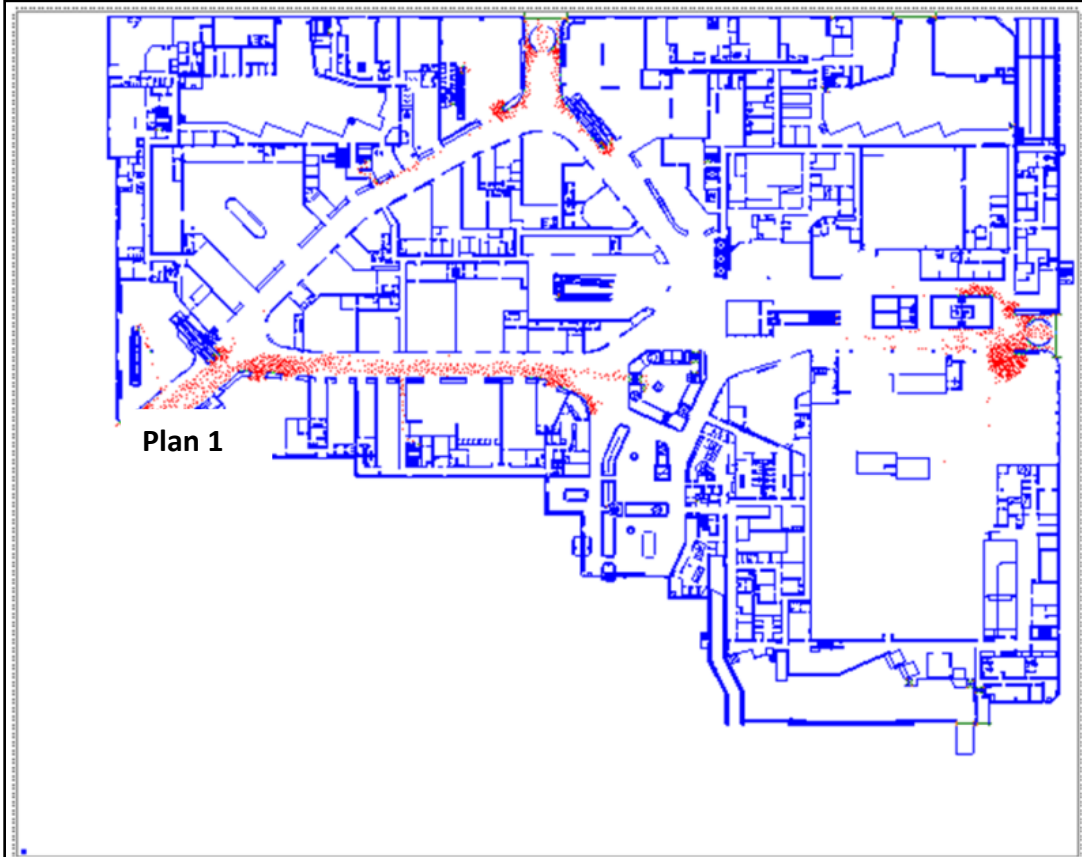
Brandscenario 2 – Låg persontäthet

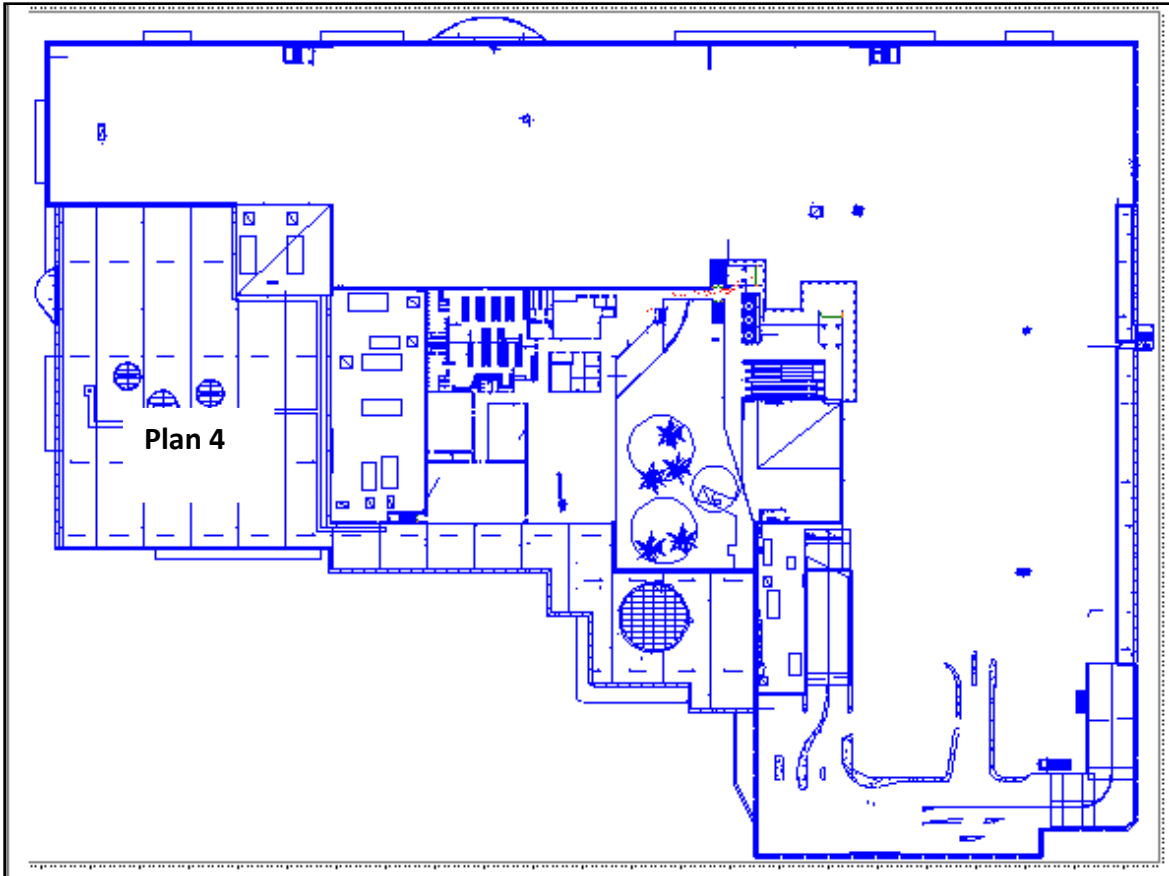
Simuleringsstart, efter 0 sekunder.



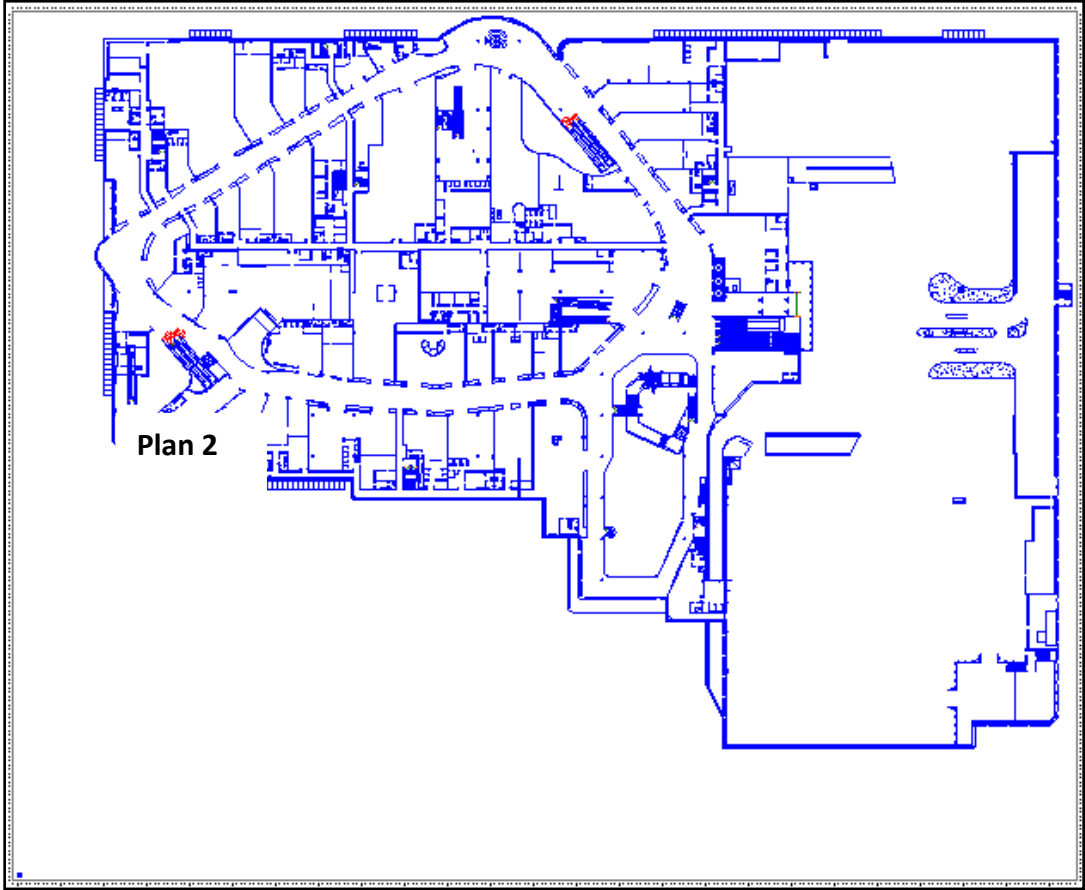
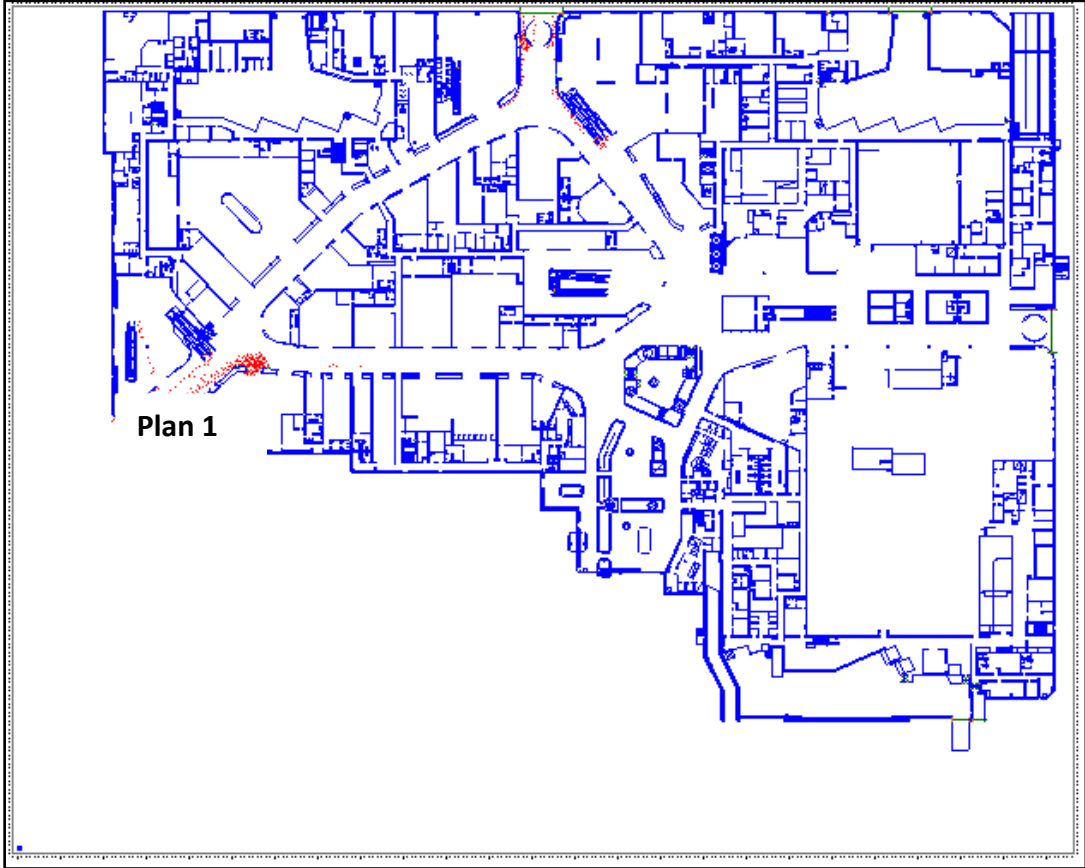


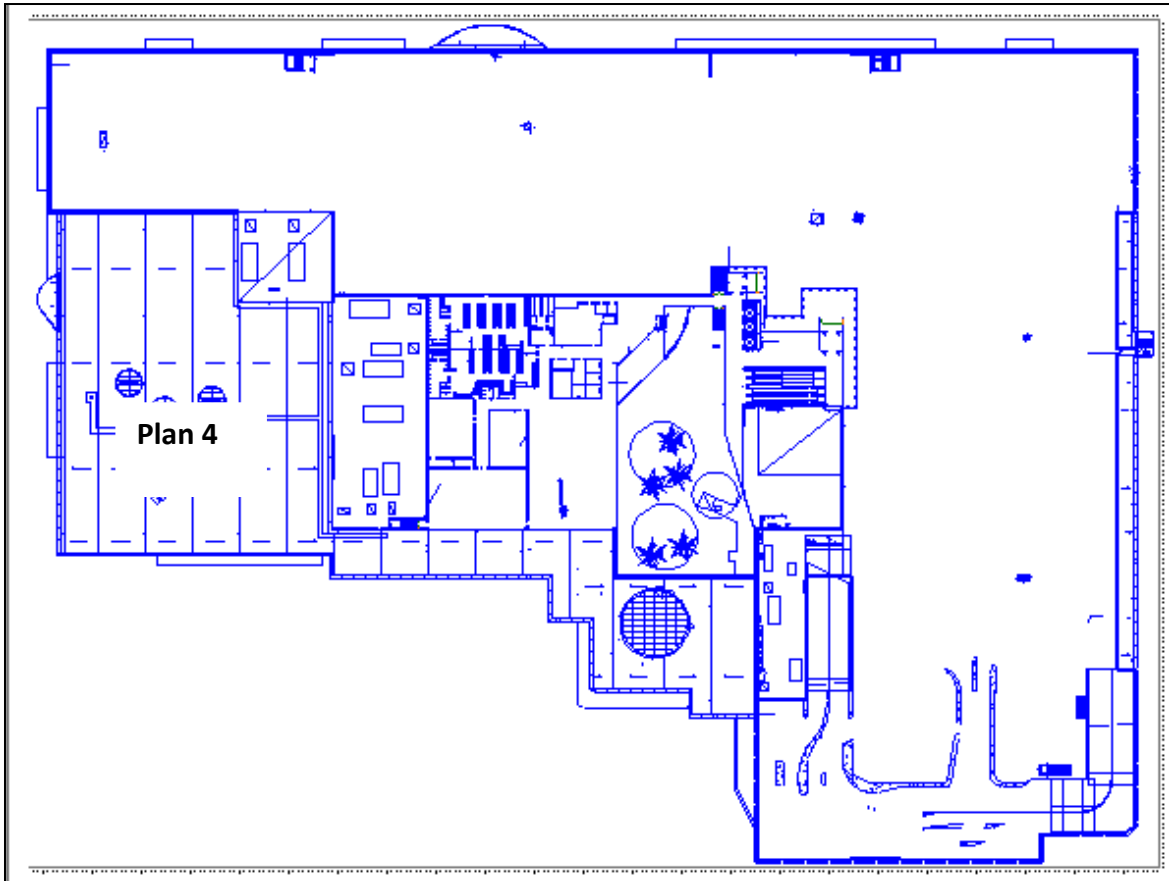
Efter 330 sekunder.





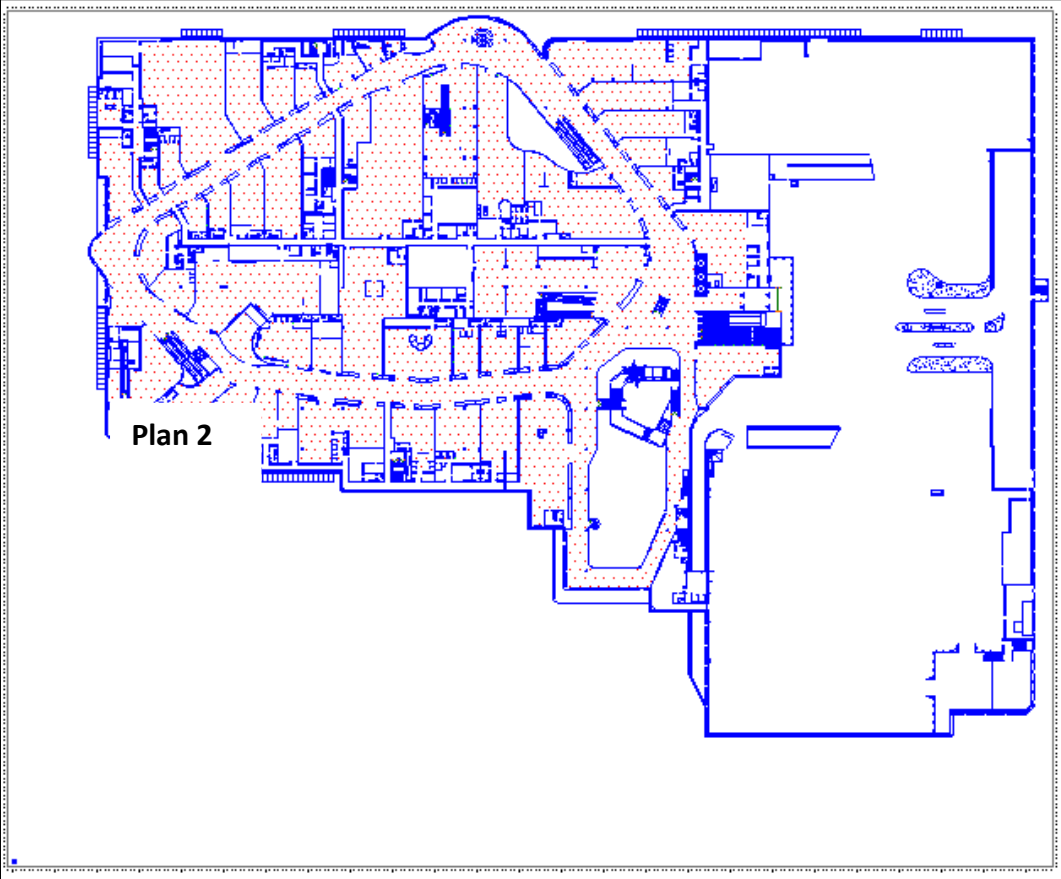
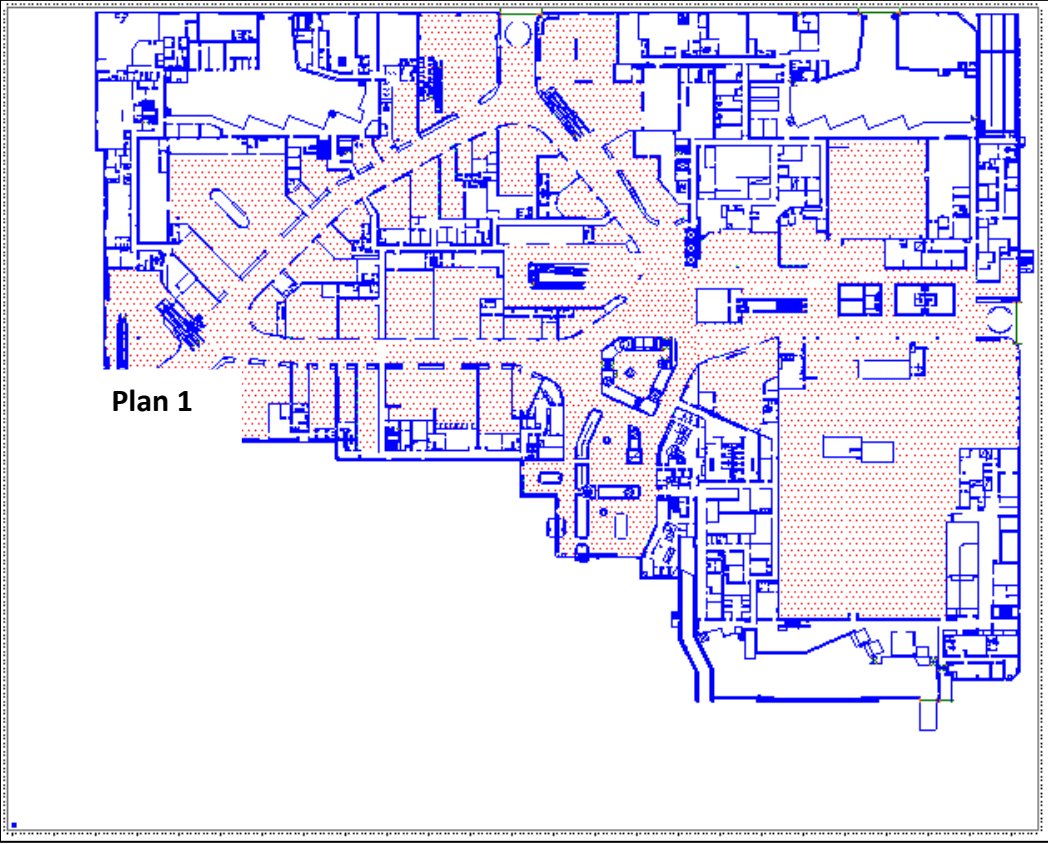
Efter 700 sekunder.

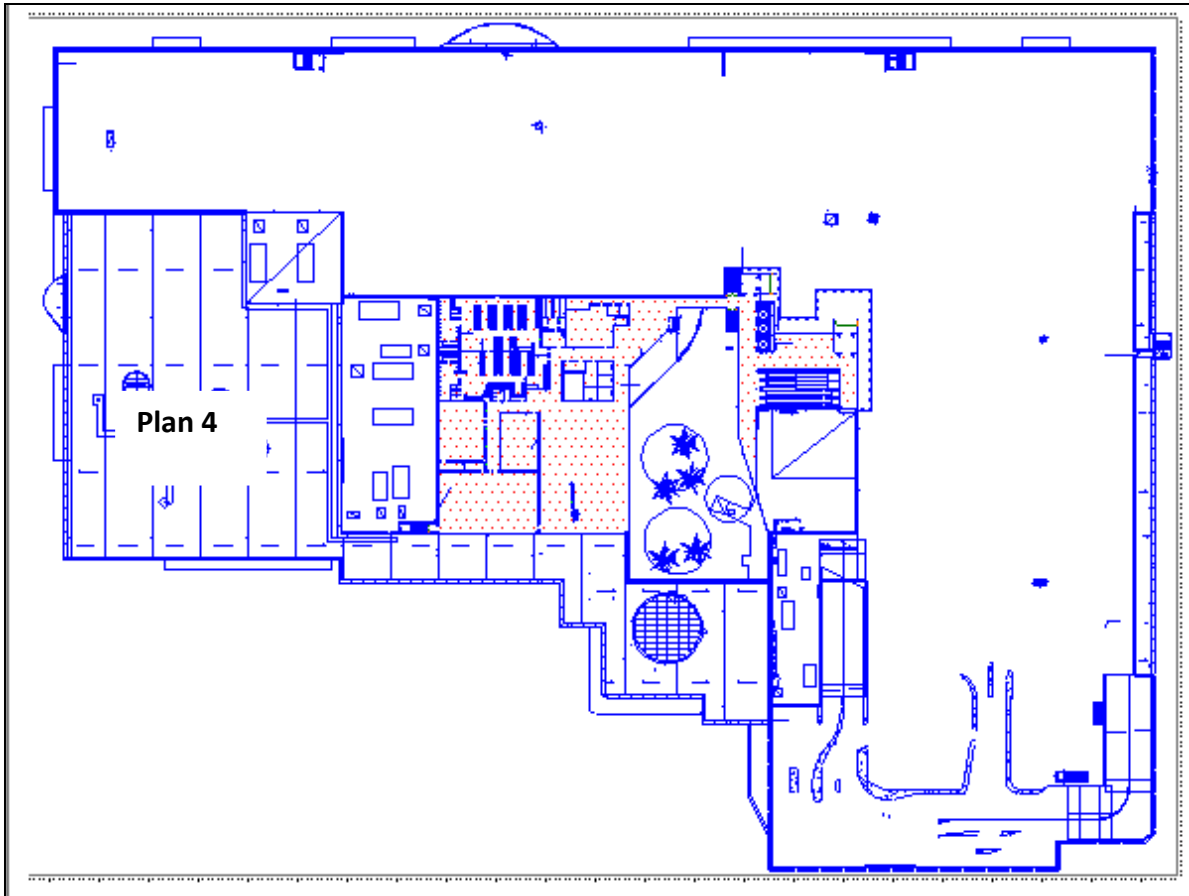




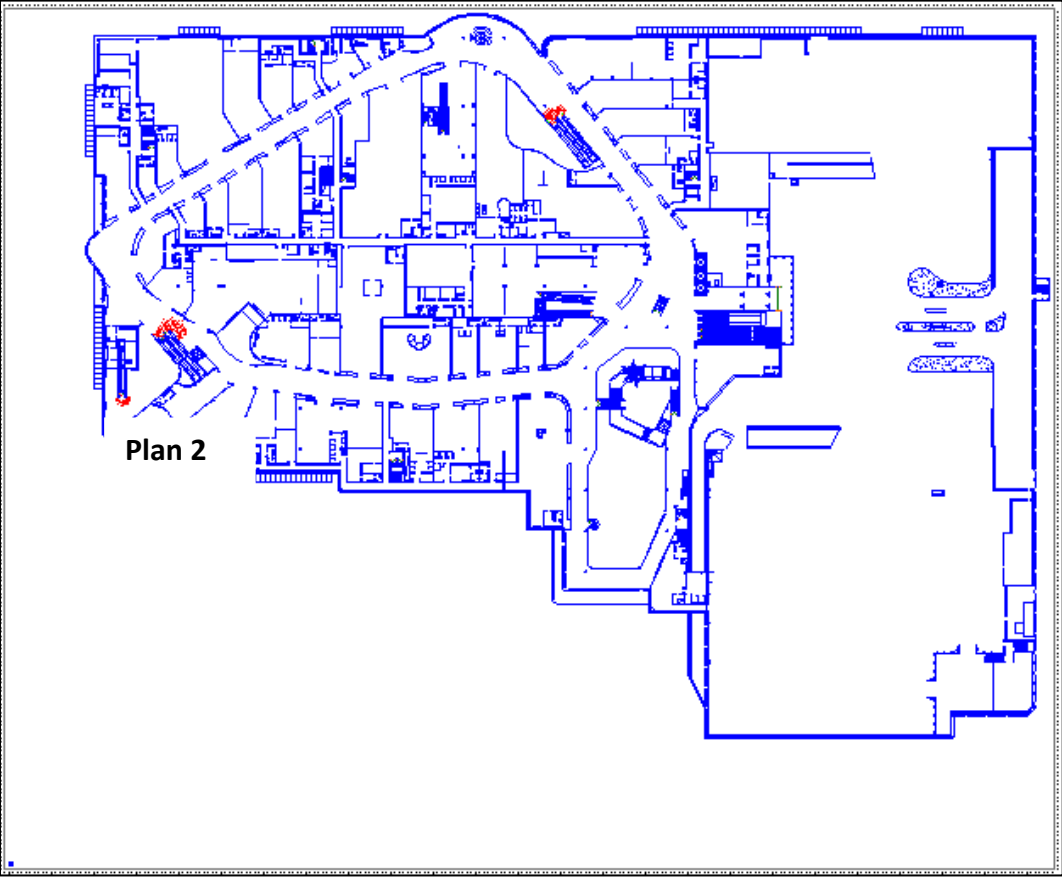
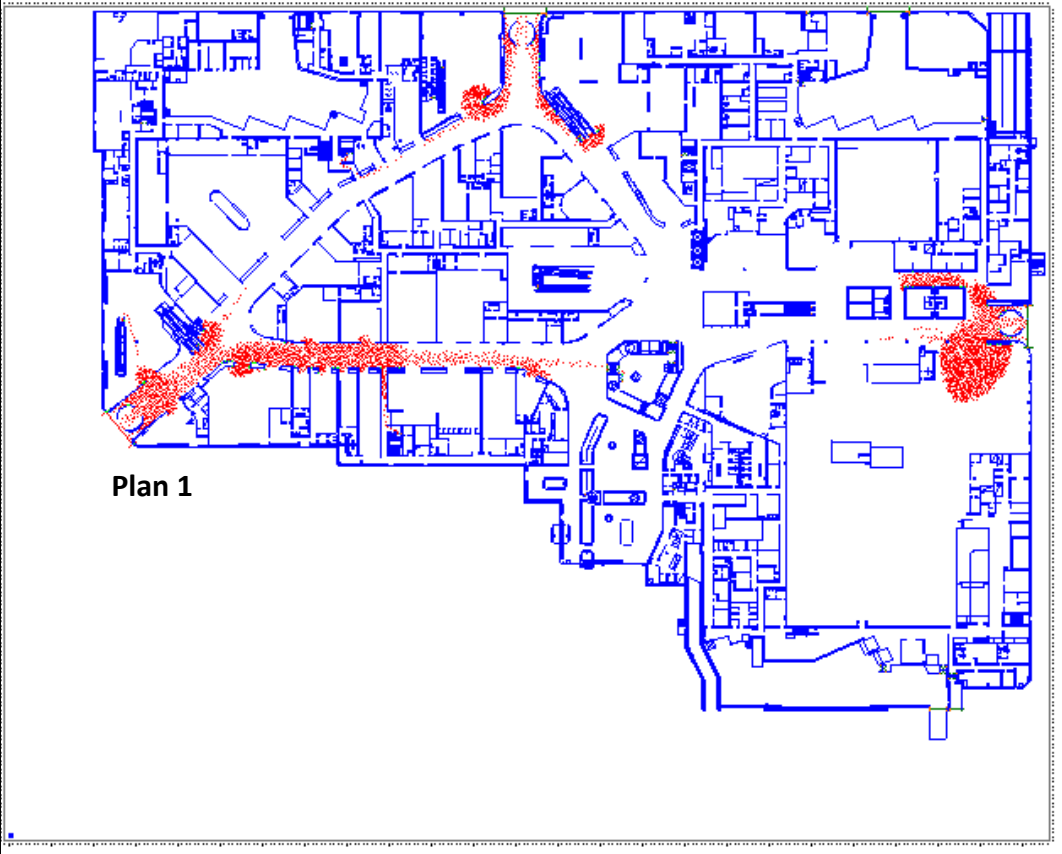
Brandscenario 2 – Hög persontäthet

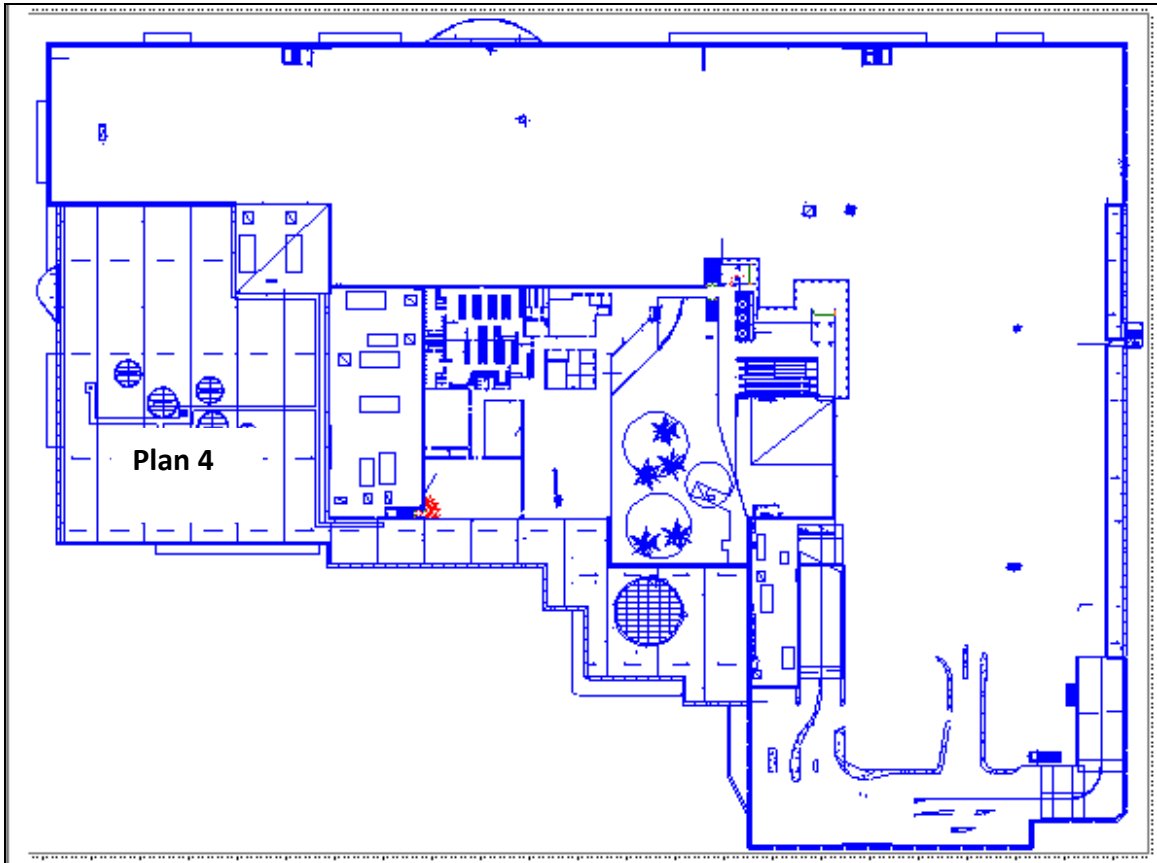
Simuleringsstart, efter 0 sekunder.



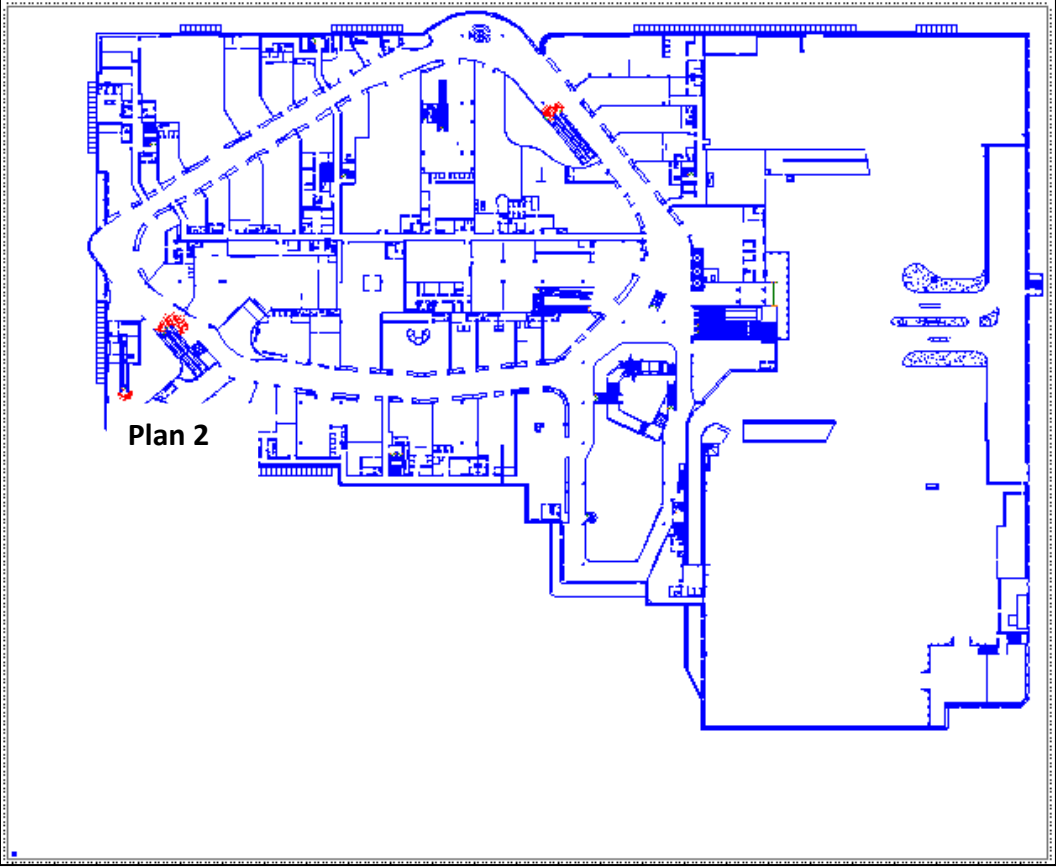
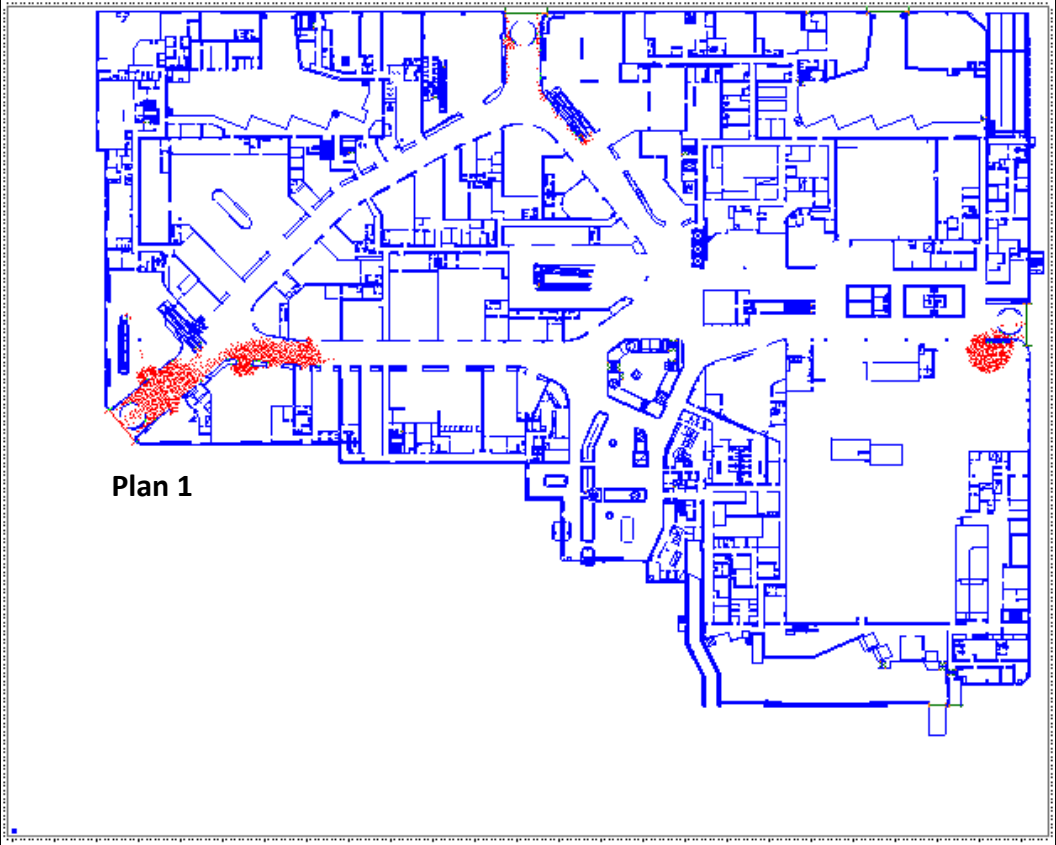


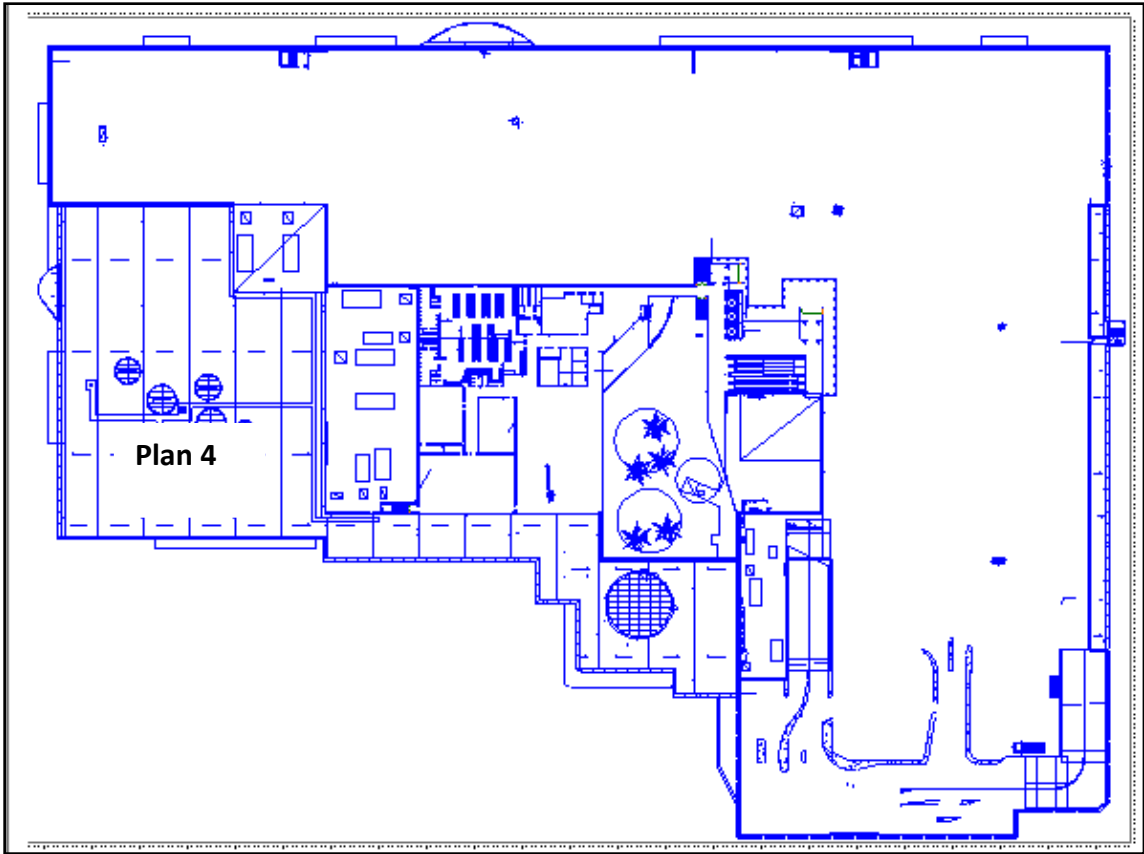
Efter 430 sekunder.





Efter 900 sekunder.





Bilaga D - Simulering i @Risk

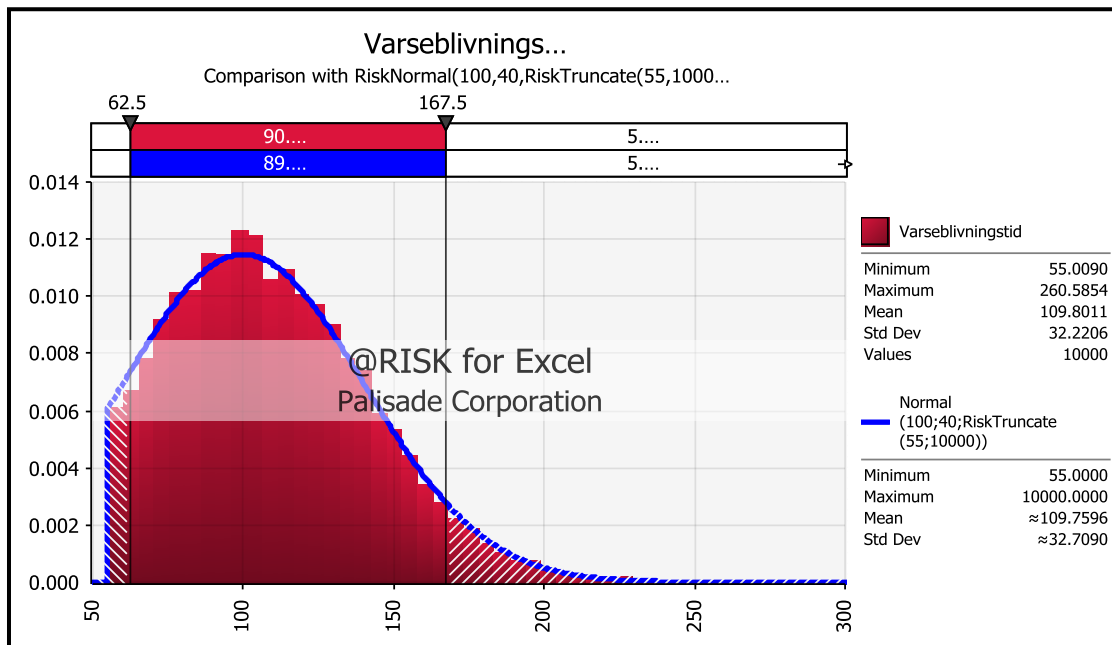
För att få statistisk fördelning på säkerhetsmarginal och vilken parameter som är mest avgörande, görs simuleringar med hjälp av Montecarloanalys i @Risk. Utrymningstiden undersöks i det fall som är mest kritiskt. Dvs för brandscenario 3. Ett antal parametrar som har betydelse för utrymningstiden och därmed säkerhetsmarginalen förses med fördelningar varefter 10 000 simuleringar görs. Som indata används resultat från simuleringar i FDS och Simulex. Simulexsimuleringens resultat visas i tabell 7. Tillgänglig tid låses till 600 sekunder.

	Brandscenario 1	Brandscenario 2 och 3
Total utrymningstid	09:12	09:49
Plan 1 utrymt	09:12	09:49
Plan 2 utrymt	07:10	08:08
Sats utrymt	05:02	05:03
Brandrummet utrymt	01:32	02:16

Tabell 7. Utrymningstider för 4627 personer inklusive total förberedelsestid på 2 minuter +/- 30 sekunder.

Varseblivningstid

Som varseblivningstid används en normalfördelning med medelvärdet 100 sekunder och standardavvikelsen 40 sekunder. Sollentuna centrum har ett informativt talat meddelande som utrymningslarm. Fördelningen trunkeras vid den tid som är minsta tänkbara för rökdetektion, baserat på Detact QS, plus det talade meddelandets längd. Här bortses från möjligheten till manuell detektion. Sprinklerlarm bortses också ifrån eftersom simuleringen gäller Brandscenario 3 där sprinkler inte aktiverar. Varseblivningstidens fördelning visas i figur 53.

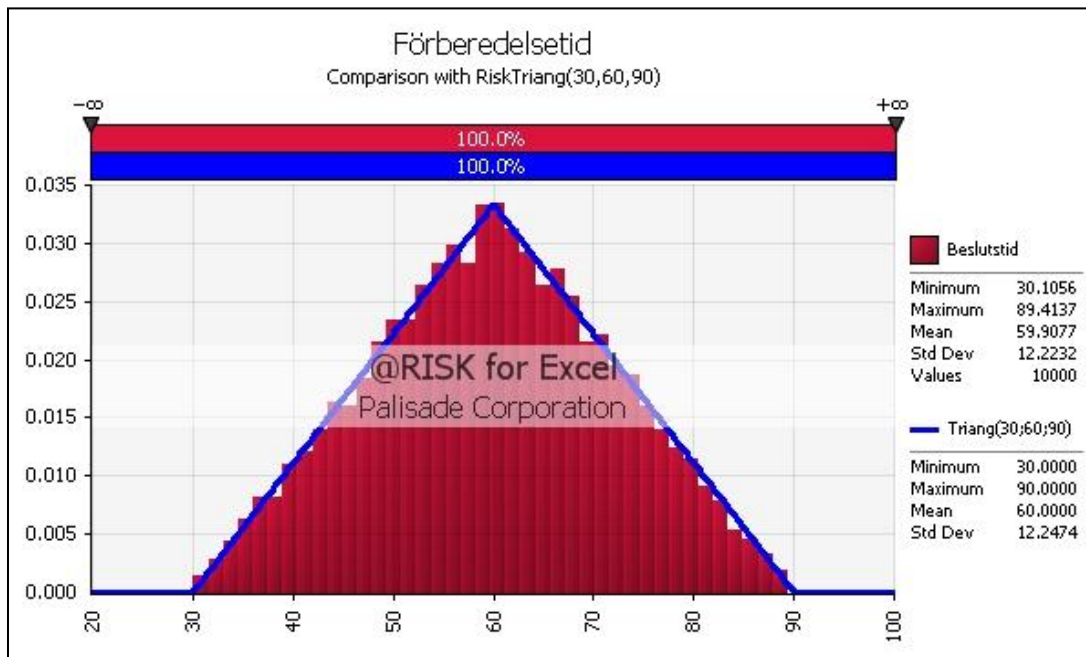


Figur 53. Den ansatta varseblivningstidens statistiska fördelning.

Förberedelsestid

Frantzich (2001) föreslår att en minut är ett rimligt värde på förberedelsestiden i varuhus. Detta värde väljs som toppvärde i en triangulärt fördelad genomsnittlig förberedelsestid. Triangeln görs liksidig

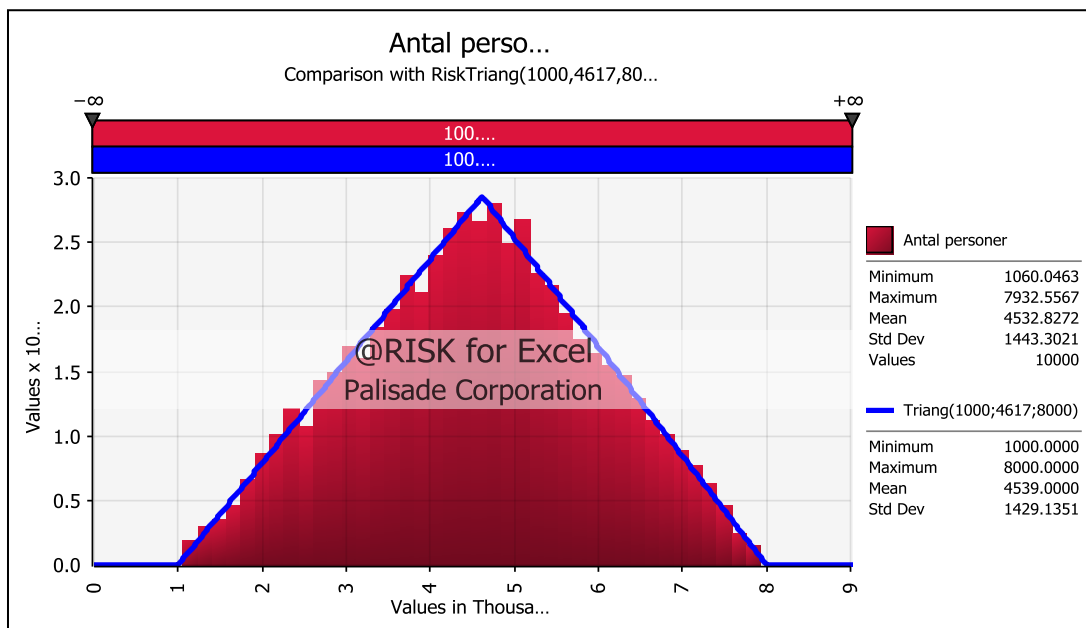
med min- och maxvärde vid 30 respektive 90 sekunder. förberedelsetidens fördelning visas i figur 54. Figur 54. Förberedelsetidens statistiska fördelning.



Figur 54. Förberedelsetidens statistiska fördelning.

Förflyttningstid

Utrymning genom en dörröppning kan förutsättas ha ett konstant flöde så länge det är köbildning vid dörren. Med konstant utflöde av människor blir förflyttningstiden direkt proportionell mot antalet personer i köcentret. Förflyttningstiden simuleras därför som antalet människor i @Risk. Triangulär fördelning används. Triangelns toppvärde är normalt besökarantal en storhelg såsom Jul eller liknande, maxvärdet sätts till 8 000 vilket är högsta troliga besökarantalet vid samma tillfälle. Minivärdet sätts till 1000 personer vilket kan tänkas motsvara en vanlig vardag. Fördelningen som används för antalet personer i byggnaden visas i figur 55.

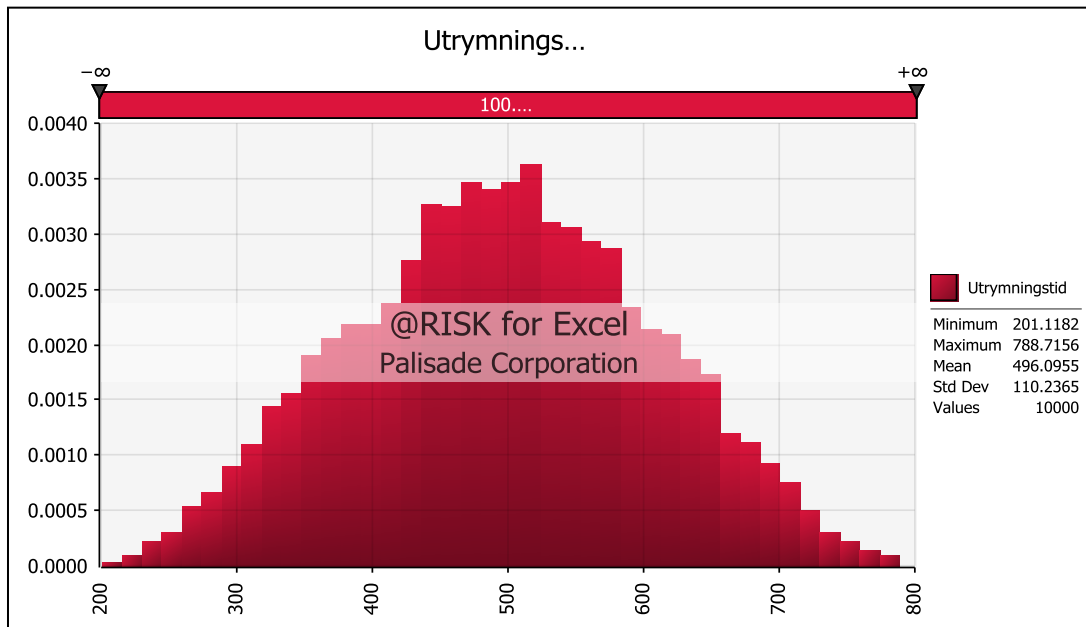


Figur 55. Det ansatta besökarantalets statistiska fördelning.

Förflyttningstiden fås av att multiplicera antalet personer med en tidsfaktor från utrymningssimuleringen i Simulex. Denna tidsfaktor är 0,07 sekunders förflyttningstid per person.

Utrymningstid

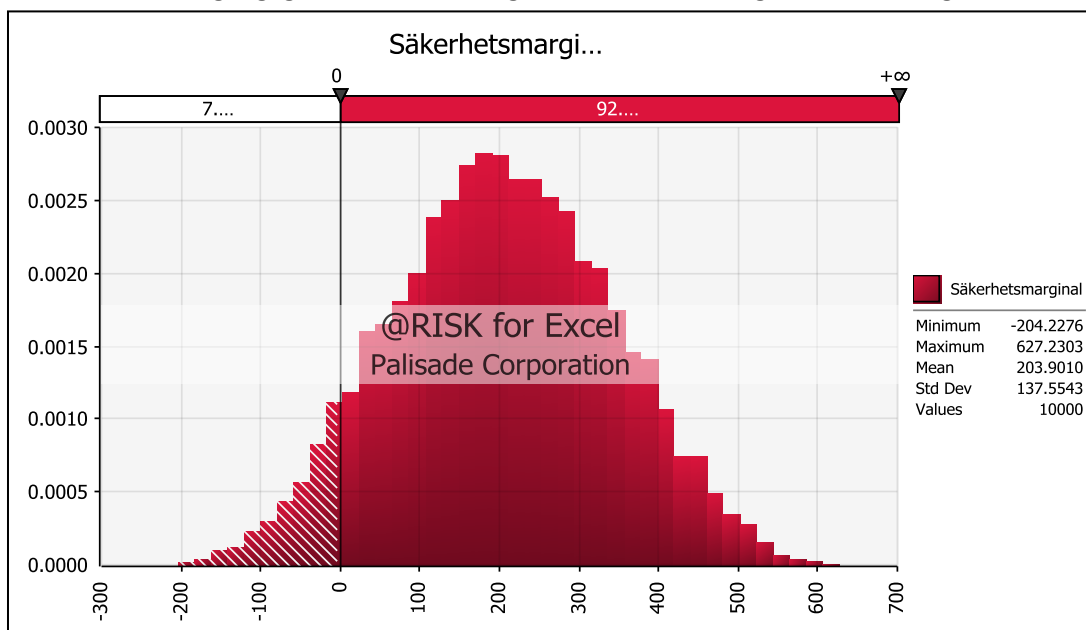
Utrymningstiden blir summan av Varseblivningstid, beslut- och reaktionstid samt förflyttningstid. Fördelningen av utrymningstiden blir som i figur 56.



Figur 56. Utrymningstidens fördelning.

Säkerhetsmarginal

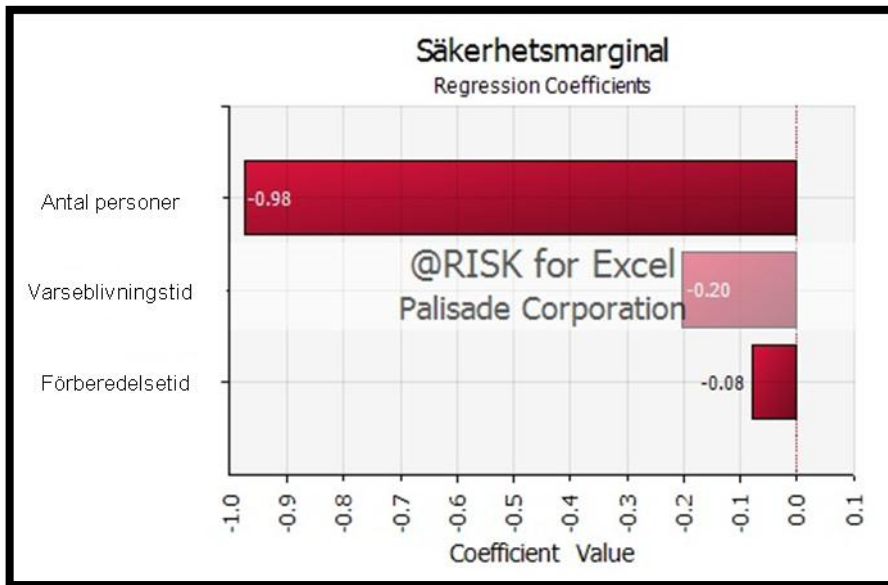
Fördelningen på säkerhetsmarginalen för brandscenario 3 fås genom att subtrahera utrymningstid med den fasta tillgängliga tiden. Fördelningen av säkerhetsmarginalen visas i figur 57.



Figur 57. Säkerhetsmarginalens fördelning.

Känslighetsanalys

De olika parametrarnas betydelse för utrymningstiden och därmed säkerhetsmarginalen kan framställas i ett tornadodiagram. Störst betydelse för utrymningstiden har antalet personer. Tornadodiagrammet i sin helhet visas i figuren nedan.



Figur 58. Utrymningstidens parametrar i relation till varandra.

Bilaga E - Enkätundersökning

Under studiebesöket genomfördes en mindre enkätundersökning bland det anställda i butikerna. Tio stycken enkäter delades ut och besvarades. Detta för att få en någorlunda god bild av de anställdas kunskaper i brand och systematiskt brandskyddsarbete. Svaren på frågorna redovisas i tabell 8.

Till vissa av frågorna ställdes en följdfråga, t.ex. ” Vet du var närmaste utrymningsväg är? Om ja, var?” Om svaret inte var tillfredställande presenteras det som ett ”Nej” i tabellen.

	Ja	Nej	Får inte svara
Har du genomgått brandskyddsutbildning på nuvarande arbetsplats?	2	8	
Har du någon tidigare brandskyddsutbildning?	5	5	
Känns dina brandskyddskunskaper tillräckliga?	7	3	
Är du bekväm med att använda handbrandsläckare?	8	2	
Vet du var närmaste handbrandsläckare finns?	10	0	
Vet du var närmaste utrymningsväg är?	8	2	
Vet du var din uppsamlingsplats är?	5	5	
Har du fått någon roll tilldelad vid utrymning?	5	4	1
Har du någon gång sett att utrymningsvägarna är blockerade?	4	5	1
Har du sett låsta utrymningsvägar någon gång?	2	8	1
Förekommer det dörrar som ska stängas vid brand men inte kan göra det på grund av att de är blockerade?	0	9	1

Tabell 8. I tabellen anges hur många av de anställda som svarade ja respektive nej, samt hur många som inte fick svara på frågorna. Totalt delades tio stycken enkäter ut.

Enkätundersökningen visade att Sollentuna Centrums personal över lag saknade goda kunskaper i brand och systematiskt brandskyddsarbete. En större del av de anställda ansåg sig ha full koll på var närmsta nödutgång och närmsta handbrandsläckare var placerad. Dock tvivlade många på hur bra de kunde hantera en handbrandsläckare. Flera anställda efterlyste tydligare instruktioner på vad som verkligen gäller vid brand och vilken roll de själva bör agera vid brand.

Bilaga F – Simulering i Detact QS

För att beräkna aktiveringstiden för de två termiska elementen detektorer och sprinkler kan man använda sig av olika datorprogram. I denna rapport används datorprogrammet Detact QS (Detector actuation - quasi steady), ett program som visat sig fungerar bra vid beräkningar på αt^2 -bränder.

I programmet används Alpert ceiling- jet korrelation. Denna modell antar att inget brandgaslager bildas och är därmed bara giltig tidigt i ett brandförlopp. Andra antaganden är att transporttider inte beaktas samt att maximala temperaturer och hastigheter används vid beräkning av värmeöverföring. Vid beräkning av en rökdetektors tid för aktivering antas istället produktionen av rök svara linjärt mot en temperaturhöjning varvid detektorn antas vara en värmedetektor. (NIST)

Följande indata används för att beräkna aktiveringstiden:

- RTI-värde
- Effektutveckling
- Aktiveringstemperatur
- Avstånd mellan detektorer
- Takhöjd
- Omgivningens temperatur

Detact QS

Enligt tidigare resonemang antas tillväxten i detta scenario ske med fast utveckling. Dock antas sprinkler aktivera i detta fall. Med följande indata i Detact QS kan en uppskattad tid till dess att rökdetektor och sprinkler aktiverar. Varje detektor täcker en yta av 100 m². För att två detektorer ska detektera kan det längsta teoretiska avståndet horisontellt i taket bli 14 meter. Detektion antas ske vid en temperaturhöjning på 6 grader celsius (Nilsson, 2008).

	Rökdetektor	Sprinkler
α	0,047 kW/s ²	0,047 kW/s ²
RTI	0,5 (m/s) ^{1/2}	30 (m/s) ^{1/2}
Aktiveringstemp	26 °C	68 °C
Avstånd y-axel	14 m	4 m
Avstånd z-axel	3 m	3 m
Tid till aktivering	40 s	125 s

Programmet ger dock snabbast möjliga aktivering vilket inte är troligt som ett verkligt fall då taket inte är helt jämt och ceiling- jeten störs vilket gör att hastigheten blir lägre i verkligheten. Det är inte heller troligt att en detektor befinner sig där det är som varmast då de oftast sitter nära taket. Därför görs antaganden att rökdetektor aktiverar efter ungefär 60 sekunder och sprinkler aktiverar efter 200 sekunder.

Bilaga G. Beräkning av ventilationskontrollerad brand

För att beräkna när branden blir ventilationskontrollerad följs Yamana tanakas beräkningsgång som presenteras i Enclosure fire Dynamics (Karlsson & Quintere, 2000). Följande indata används för att beräkna detta.

Indata	
Effekt	20000 kW
brandgashöjd	3,30 m
Dörrbredd	12,00 m
Golvarea	400,00 m ²
Hålarea	16,00 m ²
Takhöjd	3,60 m
bredd+längd	40,00 m

Utdata	
plymflöde	15,09
Tryckskillnad in	0,18 Pa
brandgastemp	980,72 °C
densitet brandgas	0,36 kg/m ³
massflöde ut	14,37 kg/s

Om det antas att förloppet har nått stationära förhållanden kommer massflödet in vara samma som massflödet ut. Detta ger då att maximalt tillåtna effekten som massflödet syre in i lokalen tillåter kan beräknas:

$$\dot{Q} = \dot{m}_a \cdot \rho_a \cdot \chi_m \cdot \Delta H_{CO_2} = 14 \frac{kg}{s} \cdot 1,2 \frac{kg}{m^3} \cdot 0,23 \cdot 13,1 \frac{MJ}{kg} = 50 MW$$

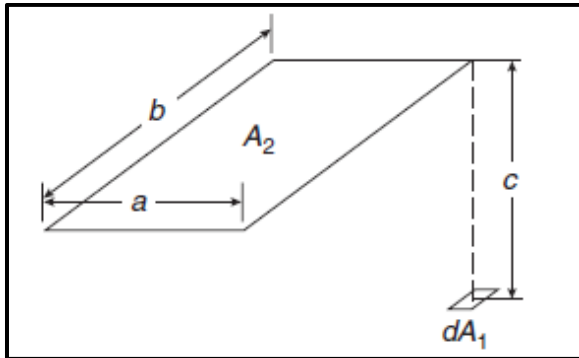
Detta är den idealiska effektutvecklingen men med antaganden att förbränningseffektiviteten är 0,7 och att endast hälften av syret kan delta i förbränningen blir effektutvecklingen 17,5 MW.

$$\dot{Q}_{real} = \dot{Q} \cdot \chi \cdot 0,5 = 50 MW \cdot 0,7 \cdot 0,5 = 17,5 MW$$

Bilaga H - Strålningsberäkning

För att beräkna infallande strålningen från flamman mot en punkt används en metod som föreslås i SFPE (2002).

Först beräknas synfaktorn enligt följande metod.



$$F = \int_0^A \frac{\cos\theta_1 \cos\theta_2}{\pi d^2} dA$$

$$F = \frac{1}{2\pi} * \left(\frac{X}{\sqrt{1+X^2}} \tan^{-1} \frac{Y}{\sqrt{1+X^2}} + \frac{Y}{\sqrt{1+Y^2}} \tan^{-1} \frac{X}{\sqrt{1+Y^2}} \right)$$

$$X = \frac{a}{c}$$

$$Y = \frac{b}{c}$$

Bredden på beräknas genom att använda effektutvecklingen och en antagen maximal effekt per kvadratmeter på 500 kW/m².

Flamhöjden beräknas genom Heskestads korrelation

$$L = 0,235 * \dot{Q}^{\frac{2}{5}} - 1,02 * D$$

Där D fås genom

$$D = \sqrt{\frac{A}{\pi} * 4}$$

Synfaktorn blir som störst från mitten på flamman. Om metoden ovan används får synfaktorn multipliceras med fyra för att räkna från hela flamman.

Infallande strålning från flamman beräknas då med följande formel om emissiviteten antas vara ett.

$$\dot{Q}_r'' = 4 * F * 1 * 5,67 * 10^{-8} * (T + 273)^4$$

Kritiska effekten är satt till 2,5 kW/m² och ett kritiskt avstånd beräknas.

Effekt	2 MW	20 MW
Avstånd	7 m	17 m

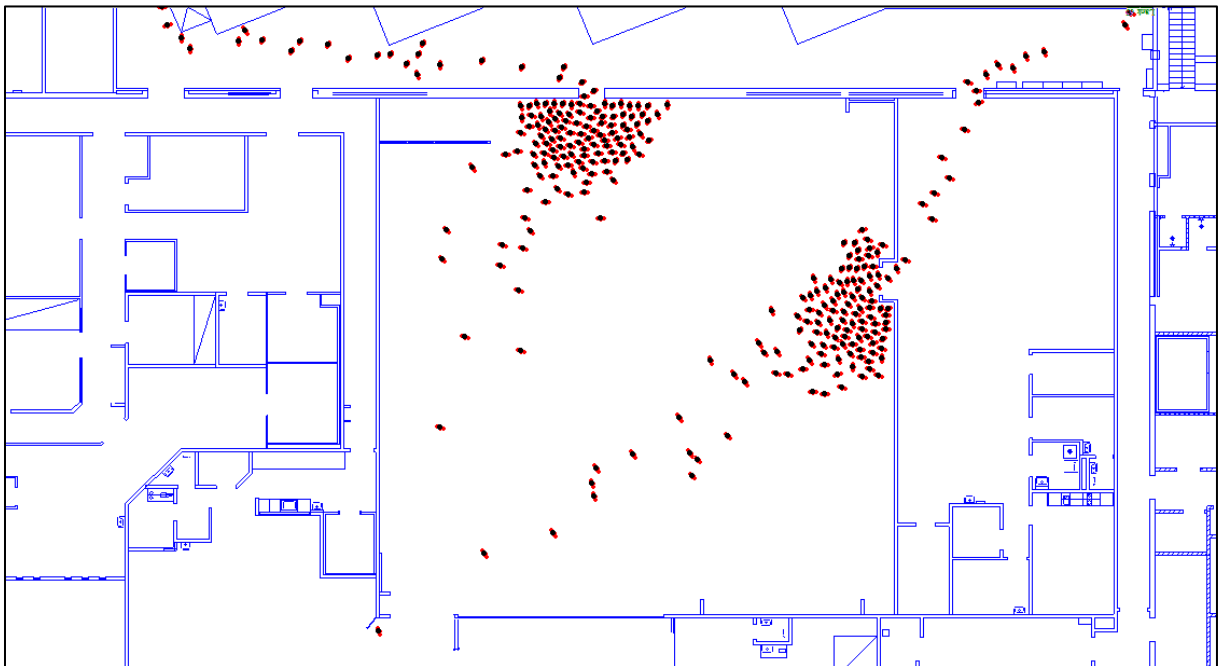
Bilaga I - Diskussion kring införande av *ska* åtgärdsförslag

Inget krav på att detta åtgärdsförslag genomförs anses vara nödvändigt då säkerhetsnivån på Sollentuna centrum har visats vara tillfredställande. Nedan förs en diskussion hur det kan öka säkerhetsnivån ytterligare.

Fler utrymningsvägar

I brandscenario 1 blir säkerhetsmarginalen negativ i brandrummet. Säkerhetsmarginalen blir dock endast marginellt negativ (20 sekunder) samtidigt som brandrummet innehåller en relativt hög persontäthet (320 personer) vid simuleringarna.

Åtgärdsförslaget är att sätta in ytterligare en utrymningsväg i brandrummet. En extra utrymningsväg kan då minska utrymningstiden ur brandrummet avsevärt. I Figur 59 visas en bild över hur utrymningen ser ut efter att en ny dörr har satts in i brandrummet. Resultatet från simuleringen visar att utrymningstiden minskar med 2,5 minuter.



Figur 59. Här syns utrymning av brandrummet i brandscenario 1. I väggen mot lastkajen har en dörr, 1,20 meter bred, installerats. Den tillagda dörren minskar utrymningstiden väsentligt.

Bilaga J – Scriptfil från FDS

HM - utan sprinkler

```
&HEAD CHID='hmus', TITLE='hmus' /
```

fläkt

```
&SURF ID='FAN1', VOLUME_FLUX=10, COLOR='ORANGE', /
```

```
&SURF ID='FAN2', VOLUME_FLUX=5, COLOR='YELLOW', /
```

väggmaterial

```
&MATL ID='INSULATOR', CONDUCTIVITY=0.041, SPECIFIC_HEAT=2.09, DENSITY=229 /
```

```
&SURF ID='wall', MATL_ID='INSULATOR', BACKING='EXPOSED', THICKNESS=0.3, COLOR='GREEN' /
```

hm

```
&MESH ID='MESH1' IJK=120,80,72, XB=5,20,20,30,0,9, MPI_PROCESS=0 / 691200
```

```
&MESH ID='MESH2' IJK=120,80,72, XB=5,20,30,40,0,9, MPI_PROCESS=1 / 691200
```

```
&MESH ID='MESH3' IJK=20,80,36, XB=0,5,20,40,0,9, MPI_PROCESS=2 / 57600
```

innerväggar hm

```
&OBST XB=0,0,20,40,0,9, SURF_ID='wall' /
```

```
&OBST XB=0,20,20,20,0,9, SURF_ID='wall' /
```

```
&OBST XB=0,20,40,40,0,9, SURF_ID='wall' /
```

```
&OBST XB=0,45,20,40,0,0, SURF_ID='wall' /
```

```
&OBST XB=0,20,20,40,9,9, SURF_ID='wall' /
```

```
&OBST XB=0,20,20,40,3.5,5.5, SURF_ID='wall' /
```

```
&HOLE XB=5,16,25,31,3.49,5.51 /
```

vägg hm-oasen

```
&OBST XB=20,20,20,40,0,9, SURF_ID='wall' /
```

```
&HOLE XB=19.99,20.01,22,28,0,3 /
```

```
&HOLE XB=19.99,20.01,32,38,0,3 /
```

```
&HOLE XB=19.99,20.01,23,27,5.5,8.5 /
```

```
&HOLE XB=19.99,20.01,33,37,5.5,8.5 /
```

```
&DEVC ID='trädhmtemp', XYZ=10,30,1, QUANTITY='TEMPERATURE' /
```

```
&DEVC ID='trädhmtemp', XYZ=10,30,2, QUANTITY='TEMPERATURE' /
```

```
&DEVC ID='trädhmtemp', XYZ=10,30,3, QUANTITY='TEMPERATURE' /
```

```
&DEVC ID='trädhmtemp', XYZ=10,30,4, QUANTITY='TEMPERATURE' /
```

```
&DEVC ID='trädhmtemp', XYZ=10,30,5, QUANTITY='TEMPERATURE' /
```

```
&DEVC ID='trädhmtemp', XYZ=10,30,6, QUANTITY='TEMPERATURE' /
```

```
&DEVC ID='trädhmtemp', XYZ=10,30,7, QUANTITY='TEMPERATURE' /
```

```
&DEVC ID='trädhmtemp', XYZ=10,30,8, QUANTITY='TEMPERATURE' /
```

&DEVC ID='trädhmsikt', XYZ=10,30,1, QUANTITY='VISIBILITY' /
&DEVC ID='trädhmsikt', XYZ=10,30,2, QUANTITY='VISIBILITY' /
&DEVC ID='trädhmsikt', XYZ=10,30,3, QUANTITY='VISIBILITY' /
&DEVC ID='trädhmsikt', XYZ=10,30,4, QUANTITY='VISIBILITY' /
&DEVC ID='trädhmsikt', XYZ=10,30,5, QUANTITY='VISIBILITY' /
&DEVC ID='trädhmsikt', XYZ=10,30,6, QUANTITY='VISIBILITY' /
&DEVC ID='trädhmsikt', XYZ=10,30,7, QUANTITY='VISIBILITY' /
&DEVC ID='trädhmsikt', XYZ=10,30,8, QUANTITY='VISIBILITY' /

&DEVC ID='trädhmco', XYZ=10,30,1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /
&DEVC ID='trädhmco', XYZ=10,30,2, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /
&DEVC ID='trädhmco', XYZ=10,30,3, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /
&DEVC ID='trädhmco', XYZ=10,30,4, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /
&DEVC ID='trädhmco', XYZ=10,30,5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /
&DEVC ID='trädhmco', XYZ=10,30,6, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /
&DEVC ID='trädhmco', XYZ=10,30,7, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /
&DEVC ID='trädhmco', XYZ=10,30,8, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /

&DEVC ID='lagerhm', XB=10,10,30,30,0,9, QUANTITY='LAYER HEIGHT' /

oasen

&MESH ID='MESH4' IJK=100,120,44, XB=20,45,10,40,0,11, MPI_PROCESS=2 / 528 000
&MESH ID='MESH5' IJK=50,90,24, XB=20,45,-5,40,11,23, MPI_PROCESS=2 /108 000
&MESH ID='MESH6' IJK=50,110,22, XB=20,45,-45,10,0,11, MPI_PROCESS=3 / 121 000

våningsplan oasen

&OBST XB=20,25,-45,40,3.5,5.5, SURF_ID='wall' /
&OBST XB=20,25,-5,40,9,11, SURF_ID='wall' /
&OBST XB=25,45,20,40,3.5,5.5, SURF_ID='wall' /
&OBST XB=40,45,-45,20,3.5,5.5, SURF_ID='wall' /
&OBST XB=40,45,-5,40,9,11, SURF_ID='wall' /

&VENT XB=25,35,0,5,23,23, SURF_ID='FAN1', DEVC_ID='start60s3' /
&DEVC ID='start60s3', XYZ=30,3,23, SETPOINT=60., QUANTITY='TIME', INITIAL_STATE=.FALSE. /

&DEVC ID='gymtemp', XYZ=30,39,13, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&DEVC ID='gymstikt', XYZ=30,39,13, QUANTITY='VISIBILITY' /
&DEVC ID='gymco', XYZ=30,39,13, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /
&DEVC ID='lageragym', XB=30,30,39,39,0,23, QUANTITY='LAYER HEIGHT' /

&DEVC ID='atrietemp', XYZ=30,10,1, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&DEVC ID='atrietemp', XYZ=30,10,2, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&DEVC ID='atrietemp', XYZ=30,10,3, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&DEVC ID='atrietemp', XYZ=30,10,4, QUANTITY='TEMPERATURE' /

&DEVC ID='atrietemp', XYZ=30,10,5, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&DEVC ID='atrietemp', XYZ=30,10,6, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&DEVC ID='atrietemp', XYZ=30,10,7, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&DEVC ID='atrietemp', XYZ=30,10,8, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&DEVC ID='atrietemp', XYZ=30,10,9, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&DEVC ID='atrietemp', XYZ=30,10,10, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&DEVC ID='atrietemp', XYZ=30,10,11, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&DEVC ID='atrietemp', XYZ=30,10,12, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&DEVC ID='atrietemp', XYZ=30,10,13, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&DEVC ID='atrietemp', XYZ=30,10,14, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&DEVC ID='atrietemp', XYZ=30,10,15, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&DEVC ID='atrietemp', XYZ=30,10,16, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&DEVC ID='atrietemp', XYZ=30,10,17, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&DEVC ID='atrietemp', XYZ=30,10,18, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&DEVC ID='atrietemp', XYZ=30,10,19, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&DEVC ID='atrietemp', XYZ=30,10,20, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&DEVC ID='atrietemp', XYZ=30,10,21, QUANTITY='TEMPERATURE' /

&DEVC ID='atricsikt', XYZ=30,10,1, QUANTITY='VISIBILITY' /
&DEVC ID='atricsikt', XYZ=30,10,2, QUANTITY='VISIBILITY' /
&DEVC ID='atricsikt', XYZ=30,10,3, QUANTITY='VISIBILITY' /
&DEVC ID='atricsikt', XYZ=30,10,4, QUANTITY='VISIBILITY' /
&DEVC ID='atricsikt', XYZ=30,10,5, QUANTITY='VISIBILITY' /
&DEVC ID='atricsikt', XYZ=30,10,6, QUANTITY='VISIBILITY' /
&DEVC ID='atricsikt', XYZ=30,10,7, QUANTITY='VISIBILITY' /
&DEVC ID='atricsikt', XYZ=30,10,8, QUANTITY='VISIBILITY' /
&DEVC ID='atricsikt', XYZ=30,10,9, QUANTITY='VISIBILITY' /
&DEVC ID='atricsikt', XYZ=30,10,10, QUANTITY='VISIBILITY' /
&DEVC ID='atricsikt', XYZ=30,10,11, QUANTITY='VISIBILITY' /
&DEVC ID='atricsikt', XYZ=30,10,12, QUANTITY='VISIBILITY' /
&DEVC ID='atricsikt', XYZ=30,10,13, QUANTITY='VISIBILITY' /
&DEVC ID='atricsikt', XYZ=30,10,14, QUANTITY='VISIBILITY' /
&DEVC ID='atricsikt', XYZ=30,10,15, QUANTITY='VISIBILITY' /
&DEVC ID='atricsikt', XYZ=30,10,16, QUANTITY='VISIBILITY' /
&DEVC ID='atricsikt', XYZ=30,10,17, QUANTITY='VISIBILITY' /
&DEVC ID='atricsikt', XYZ=30,10,18, QUANTITY='VISIBILITY' /
&DEVC ID='atricsikt', XYZ=30,10,19, QUANTITY='VISIBILITY' /
&DEVC ID='atricsikt', XYZ=30,10,20, QUANTITY='VISIBILITY' /
&DEVC ID='atricsikt', XYZ=30,10,21, QUANTITY='VISIBILITY' /

&DEVC ID='trädatricco', XYZ=30,10,1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /
&DEVC ID='trädatricco', XYZ=30,10,2, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /
&DEVC ID='trädatricco', XYZ=30,10,3, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /
&DEVC ID='trädatricco', XYZ=30,10,4, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /

&DEVC ID='trädatricco', XYZ=30,10,5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /
&DEVC ID='trädatricco', XYZ=30,10,6, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /
&DEVC ID='trädatricco', XYZ=30,10,7, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /
&DEVC ID='trädatricco', XYZ=30,10,8, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /
&DEVC ID='trädatricco', XYZ=30,10,9, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /
&DEVC ID='trädatricco', XYZ=30,10,10, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /
/
&DEVC ID='trädatricco', XYZ=30,10,11, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /
/
&DEVC ID='trädatricco', XYZ=30,10,12, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /
/
&DEVC ID='trädatricco', XYZ=30,10,13, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /
/
&DEVC ID='trädatricco', XYZ=30,10,14, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /
/
&DEVC ID='trädatricco', XYZ=30,10,15, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /
/
&DEVC ID='trädatricco', XYZ=30,10,16, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /
/
&DEVC ID='trädatricco', XYZ=30,10,17, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /
/
&DEVC ID='trädatricco', XYZ=30,10,18, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /
/
&DEVC ID='trädatricco', XYZ=30,10,19, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /
/
&DEVC ID='trädatricco', XYZ=30,10,20, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /
/
&DEVC ID='trädatricco', XYZ=30,10,21, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /
/

&DEVC ID='lageratrie', XB=30,30,10,10,0,23, QUANTITY='LAYER HEIGHT' /

korridorsyd

&MESH ID='MESH7' IJK=280,100,14 XB=45,115,15,40,0,3.5, MPI_PROCESS=3 / 392 000

&MESH ID='MESH8' IJK=40,20,11 XB=45,65,20,30,3.5,9, MPI_PROCESS=3 / 8800

&VENT XB=115,115,27,31,0,3.5, SURF_ID='OPEN' /

&OBST XB=115,115,27,31,0,2, DEVC_ID='open300s3', COLOR='ORANGE' /

&DEVC ID='open300s3', XYZ=115,29,1, SETPOINT=300., QUANTITY='TIME', INITIAL_STATE=.TRUE. /

bodar korridorsyd

&OBST XB=95,105,23,23,0,3.5 /

&OBST XB=95,105,28,28,0,3.5 /

&OBST XB=95,95,23,28,0,3.5 /

&OBST XB=105,105,23,28,0,3.5 /

&OBST XB=75,85,23,23,0,3.5 /
&OBST XB=75,85,28,28,0,3.5 /
&OBST XB=75,75,23,28,0,3.5 /
&OBST XB=85,85,23,28,0,3.5 /

rulltrappa

&OBST XB=45,47,20,30,5,5, SAWTOOTH=.FALSE. /
&OBST XB=47,49,20,30,4.5,4.5, SAWTOOTH=.FALSE. /
&OBST XB=49,51,20,30,4,4, SAWTOOTH=.FALSE. /
&OBST XB=51,53,20,30,3.5,3.5, SAWTOOTH=.FALSE. /
&OBST XB=53,55,20,30,3,3, SAWTOOTH=.FALSE. /
&OBST XB=55,57,20,30,2.5,2.5, SAWTOOTH=.FALSE. /
&OBST XB=57,59,20,30,2,2, SAWTOOTH=.FALSE. /
&OBST XB=59,61,20,30,1.5,1.5, SAWTOOTH=.FALSE. /
&OBST XB=61,63,20,30,1,1, SAWTOOTH=.FALSE. /
&OBST XB=63,65,20,30,0.5,0.5, SAWTOOTH=.FALSE. /

&OBST XB=47,47,20,30,4.5,5 SAWTOOTH=.FALSE. /
&OBST XB=49,49,20,30,4,4.5, SAWTOOTH=.FALSE. /
&OBST XB=51,51,20,30,3.5,4, SAWTOOTH=.FALSE. /
&OBST XB=53,53,20,30,3,3.5, SAWTOOTH=.FALSE. /
&OBST XB=55,55,20,30,2.5,3, SAWTOOTH=.FALSE. /
&OBST XB=57,57,20,30,2,2.5, SAWTOOTH=.FALSE. /
&OBST XB=59,59,20,30,1.5,2, SAWTOOTH=.FALSE. /
&OBST XB=61,61,20,30,1,1.5, SAWTOOTH=.FALSE. /
&OBST XB=63,63,20,30,0.5,1, SAWTOOTH=.FALSE. /
&OBST XB=65,65,20,30,0,0.5, SAWTOOTH=.FALSE. /

&DEVC ID='trädsydtemp1', XYZ=55,25,1, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&DEVC ID='trädsydtemp1', XYZ=55,25,2, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&DEVC ID='trädsydtemp1', XYZ=55,25,3, QUANTITY='TEMPERATURE' /

&DEVC ID='trädsydsikt1', XYZ=55,25,1, QUANTITY='VISIBILITY' /
&DEVC ID='trädsydsikt1', XYZ=55,25,2, QUANTITY='VISIBILITY' /
&DEVC ID='trädsydsikt1', XYZ=55,25,3, QUANTITY='VISIBILITY' /

&DEVC ID='trädsydco1', XYZ=55,25,1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /
&DEVC ID='trädsydco1', XYZ=55,25,2, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /
&DEVC ID='trädsydco1', XYZ=55,25,3, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /

&DEVC ID='lagersyd1', XB=55,55,25,25,0,3.5, QUANTITY='LAYER HEIGHT' /

&DEVC ID='trädsydtemp2', XYZ=100,25,1, QUANTITY='TEMPERATURE' /

&DEVC ID='trädsydtemp2', XYZ=100,25,2, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&DEVC ID='trädsydtemp2', XYZ=100,25,3, QUANTITY='TEMPERATURE' /

&DEVC ID='trädsydsikt2', XYZ=100,25,1, QUANTITY='VISIBILITY' /
&DEVC ID='trädsydsikt2', XYZ=100,25,2, QUANTITY='VISIBILITY' /
&DEVC ID='trädsydsikt2', XYZ=100,25,3, QUANTITY='VISIBILITY' /

&DEVC ID='trädsydco2', XYZ=100,25,1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE'
/
&DEVC ID='trädsydco2', XYZ=100,25,2, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE'
/
&DEVC ID='trädsydco2', XYZ=100,25,3, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE'
/

&DEVC ID='lagersyd2', XB=100,100,25,25,0,3.5, QUANTITY='LAYER HEIGHT' /

ica

&MESH ID='MESH9' IJK=100,140,7, XB=65,115,-55,15,0,3.5, MPI_PROCESS=3 / 98 000

ica-korridor

&OBST XB=65,115,15,15,3,3.5 /

posten ica

&OBST XB=80,95,10,10,0,3.5, SURF_ID='wall' /

&OBST XB=80,95,5,5,0,3.5, SURF_ID='wall' /

&OBST XB=80,80,5,10,0,3.5, SURF_ID='wall' /

&OBST XB=95,95,5,10,0,3.5, SURF_ID='wall' /

&OBST XB=95,99,15,15,0,3.5, SURF_ID='wall' /

&OBST XB=95,99,5,5,0,3.5, SURF_ID='wall' /

&OBST XB=95,95,5,15,0,3.5, SURF_ID='wall' /

&OBST XB=99,99,5,15,0,3.5, SURF_ID='wall' /

ut från ica

&VENT XB=90,95,-20,-15,3.5,3.5, SURF_ID='FAN2', DEVC_ID='start60s4' /

&DEVC ID='start60s4', XYZ=92,-17,3.5, SETPOINT=60., QUANTITY='TIME', INITIAL_STATE=.FALSE. /

&DEVC ID='trädicatemp', XYZ=100,0,1, QUANTITY='TEMPERATURE' /

&DEVC ID='trädicatemp', XYZ=100,0,2, QUANTITY='TEMPERATURE' /

&DEVC ID='trädicatemp', XYZ=100,0,3, QUANTITY='TEMPERATURE' /

&DEVC ID='trädicasikt', XYZ=100,0,1, QUANTITY='VISIBILITY' /

&DEVC ID='trädicasikt', XYZ=100,0,2, QUANTITY='VISIBILITY' /

&DEVC ID='trädicasikt', XYZ=100,0,3, QUANTITY='VISIBILITY' /

&DEVC ID='trädicaco', XYZ=100,0,1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /

&DEVC ID='trädicaco', XYZ=100,0,2, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /
&DEVC ID='trädicaco', XYZ=100,0,3, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /

&DEVC ID='lagerica', XB=100,100,0,0,0,3.5, QUANTITY='LAYER HEIGHT' /

bolaget

&MESH ID='MESH10' IJK=70,50,7, XB=80,115,40,65,0,3.5, MPI_PROCESS=3 / 25 000

&OBST XB=80,115,65,65,0,3.5, SURF_ID='wall' /

&OBST XB=80,80,40,65,0,3.5, SURF_ID='wall' /

&OBST XB=115,115,40,65,0,3.5, SURF_ID='wall' /

&OBST XB=80,115,40,65,3.5,3.5, SURF_ID='wall' /

&OBST XB=80,115,40,65,0,0, SURF_ID='wall' /

bolaget-korridor

&OBST XB=80,115,40,40,0,3.5, SURF_ID='wall' /

bolaget-korridor

&HOLE XB=80,86,39.99,40.01,0,3 /

&OBST XB=105,105,40,65,0,3.5, SURF_ID='wall' /

&DEVC ID='bolaget1temp', XYZ=104,55.5,2, QUANTITY='TEMPERATURE' /

&DEVC ID='bolaget1sikt', XYZ=104,55.5,2, QUANTITY='VISIBILITY' /

&DEVC ID='bolaget1co', XYZ=104,55.5,2, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /

&DEVC ID='lagerbolaget1', XB=104,104,55.5,55.5,0,3.5, QUANTITY='LAYER HEIGHT' /

&DEVC ID='bolaget2temp', XYZ=107.5,64,2, QUANTITY='TEMPERATURE' /

&DEVC ID='bolaget2sikt', XYZ=107.5,64,2, QUANTITY='VISIBILITY' /

&DEVC ID='bolaget2co', XYZ=107.5,64,2, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /

&DEVC ID='lagerbolaget2', XB=107.5,107.5,64,64,0,3.5, QUANTITY='LAYER HEIGHT' /

&DEVC ID='trädbolagettemp', XYZ=100,50,1, QUANTITY='TEMPERATURE' /

&DEVC ID='trädbolagettemp', XYZ=100,50,2, QUANTITY='TEMPERATURE' /

&DEVC ID='trädbolagettemp', XYZ=100,50,3, QUANTITY='TEMPERATURE' /

&DEVC ID='trädbolagetsikt', XYZ=100,50,1, QUANTITY='VISIBILITY' /

&DEVC ID='trädbolagetsikt', XYZ=100,50,2, QUANTITY='VISIBILITY' /

&DEVC ID='trädbolagetsikt', XYZ=100,50,3, QUANTITY='VISIBILITY' /

&DEVC ID='trädbolagetco', XYZ=100,50,1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /

&DEVC ID='trädbolagetco', XYZ=100,50,2, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /

&DEVC ID='trädbolagetco', XYZ=100,50,3, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /

&DEVC ID='lagerbolaget', XB=100,100,50,50,0,3.5, QUANTITY='LAYER HEIGHT' /

korridorväster

&MESH ID='MESH11' IJK=280,40,36, XB=-50,20,10,20,0,9, MPI_PROCESS=4 / 400 000

atrieväst

&MESH ID='MESH12' IJK=40,20,30 XB=-70,-50,10,20,0,15, MPI_PROCESS=4 / 24 000

&OBST XB=-50,20,10,20,3.5,5.5 /

&OBST XB=0,20,20,20,0,9, SURF_ID='wall' /

fläkt

&VENT XB=-65,-55,12,17,15,15, SURF_ID='FAN1', DEVC_ID='start60s1' /

&DEVC ID='start60s1', XYZ=-60,15,15, SETPOINT=60., QUANTITY='TIME', INITIAL_STATE=.FALSE. /

&VENT XB=-70,-70,13,17,0,3.5, SURF_ID='OPEN' /

&OBST XB=-70,-70,13,17,0,2, DEVC_ID='open300s1', COLOR='ORANGE' /

&DEVC ID='open300s1', XYZ=-70,15,1, SETPOINT=300., QUANTITY='TIME', INITIAL_STATE=.TRUE. /

&DEVC ID='trädvästtemp', XYZ=10,15,1, QUANTITY='TEMPERATURE' /

&DEVC ID='trädvästtemp', XYZ=10,15,2, QUANTITY='TEMPERATURE' /

&DEVC ID='trädvästtemp', XYZ=10,15,3, QUANTITY='TEMPERATURE' /

&DEVC ID='trädvästtemp', XYZ=10,15,4, QUANTITY='TEMPERATURE' /

&DEVC ID='trädvästtemp', XYZ=10,15,5, QUANTITY='TEMPERATURE' /

&DEVC ID='trädvästtemp', XYZ=10,15,6, QUANTITY='TEMPERATURE' /

&DEVC ID='trädvästtemp', XYZ=10,15,7, QUANTITY='TEMPERATURE' /

&DEVC ID='trädvästtemp', XYZ=10,15,8, QUANTITY='TEMPERATURE' /

&DEVC ID='trädvästsikt', XYZ=10,15,1, QUANTITY='VISIBILITY' /

&DEVC ID='trädvästsikt', XYZ=10,15,2, QUANTITY='VISIBILITY' /

&DEVC ID='trädvästsikt', XYZ=10,15,3, QUANTITY='VISIBILITY' /

&DEVC ID='trädvästsikt', XYZ=10,15,4, QUANTITY='VISIBILITY' /

&DEVC ID='trädvästsikt', XYZ=10,15,5, QUANTITY='VISIBILITY' /

&DEVC ID='trädvästsikt', XYZ=10,15,6, QUANTITY='VISIBILITY' /

&DEVC ID='trädvästsikt', XYZ=10,15,7, QUANTITY='VISIBILITY' /

&DEVC ID='trädvästsikt', XYZ=10,15,8, QUANTITY='VISIBILITY' /

&DEVC ID='trädvästco', XYZ=10,15,1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /

&DEVC ID='trädvästco', XYZ=10,15,2, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /

&DEVC ID='trädvästco', XYZ=10,15,3, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /

&DEVC ID='trädvästco', XYZ=10,15,4, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /

&DEVC ID='trädvästco', XYZ=10,15,5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /

&DEVC ID='trädvästco', XYZ=10,15,6, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /

&DEVC ID='trädvästco', XYZ=10,15,7, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /

&DEVC ID='trädvästco', XYZ=10,15,8, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /

&DEVC ID='lagerväst', XB=10,10,15,15,0,9, QUANTITY='LAYER HEIGHT' /

korridoröst

&MESH ID='MESH13' IJK=40,240,36 XB=20,30,40,100,0,9, MPI_PROCESS=5 / 345 600

atrieöst

&MESH ID='MESH14' IJK=20,40,30 XB=20,30,100,120,0,15, MPI_PROCESS=5 / 24 000

&OBST XB=20,30,40,100,3.5,5.5 /

&HOLE XB=25,30,60,70,3.49,5.51 /

fläkt

&VENT XB=20,30,105,110,15,15, SURF_ID='FAN1', DEVC_ID='start60s2' /

&DEVC ID='start60s2', XYZ=25,107,15, SETPOINT=60., QUANTITY='TIME', INITIAL_STATE=.FALSE. /

&VENT XB=23,27,120,120,0,3.5, SURF_ID='OPEN' /

&OBST XB=23,27,120,120,0,2, DEVC_ID='open300s2', COLOR='ORANGE' /

&DEVC ID='open300s2', XYZ=25,120,1, SETPOINT=300., QUANTITY='TIME', INITIAL_STATE=.TRUE. /

&DEVC ID='trädstemp', XYZ=25,50,1, QUANTITY='TEMPERATURE' /

&DEVC ID='trädstemp', XYZ=25,50,2, QUANTITY='TEMPERATURE' /

&DEVC ID='trädstemp', XYZ=25,50,3, QUANTITY='TEMPERATURE' /

&DEVC ID='trädstemp', XYZ=25,50,4, QUANTITY='TEMPERATURE' /

&DEVC ID='trädstemp', XYZ=25,50,5, QUANTITY='TEMPERATURE' /

&DEVC ID='trädstemp', XYZ=25,50,6, QUANTITY='TEMPERATURE' /

&DEVC ID='trädstemp', XYZ=25,50,7, QUANTITY='TEMPERATURE' /

&DEVC ID='trädstemp', XYZ=25,50,8, QUANTITY='TEMPERATURE' /

&DEVC ID='trädstsikt', XYZ=25,50,1, QUANTITY='VISIBILITY' /

&DEVC ID='trädstsikt', XYZ=25,50,2, QUANTITY='VISIBILITY' /

&DEVC ID='trädstsikt', XYZ=25,50,3, QUANTITY='VISIBILITY' /

&DEVC ID='trädstsikt', XYZ=25,50,4, QUANTITY='VISIBILITY' /

&DEVC ID='trädstsikt', XYZ=25,50,5, QUANTITY='VISIBILITY' /

&DEVC ID='trädstsikt', XYZ=25,50,6, QUANTITY='VISIBILITY' /

&DEVC ID='trädstsikt', XYZ=25,50,7, QUANTITY='VISIBILITY' /

&DEVC ID='trädstsikt', XYZ=25,50,8, QUANTITY='VISIBILITY' /

&DEVC ID='trädstco', XYZ=25,50,1, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /

&DEVC ID='trädstco', XYZ=25,50,2, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /

&DEVC ID='trädstco', XYZ=25,50,3, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /

&DEVC ID='trädstco', XYZ=25,50,4, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /

&DEVC ID='trädstco', XYZ=25,50,5, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /

&DEVC ID='trädstco', XYZ=25,50,6, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /

&DEVC ID='trädstco', XYZ=25,50,7, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /

&DEVC ID='trädöstco', XYZ=25,50,8, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /

&DEVC ID='lageröst', XB=25,25,50,50,0,9, QUANTITY='LAYER HEIGHT' /

eld

&REAC CO_YIELD=0.08, HEAT_OF_COMBUSTION=20000, C=12, H=14, O=6, SOOT_YIELD=0.01 /

&SURF ID='brand', HRRPUA=500., TAU_Q=-160 /

&SURF ID='brand160', HRRPUA=500., RAMP_Q='brand160' /

&RAMP ID='brand160', T=0, F=0 /

&RAMP ID='brand160', T=160, F=0 /

&RAMP ID='brand160', T=650, F=1 /

&OBST XB=16,18,35,37,0,0, SURF_ID='brand', COLOR='BLUE', /

&OBST XB=13,16,29,37,0,0, SURF_ID='brand160', COLOR='BLUE' /

&OBST XB=16,18,29,35,0,0, SURF_ID='brand160', COLOR='BLUE' /

&DEVC ID='brandco', XYZ=17,36,3, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE' /

&DUMP DT_SLCF=1 /

&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBZ=1.5 /

&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBZ=2 /

&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBZ=7 /

&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBZ=7.5 /

&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBZ=13 /

&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBX=20 /

&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBX=35 /

&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBX=45 /

&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBX=83 /

&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBX=90 /

&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBX=15 /

&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBX=25 /

&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBX=35 /

&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBX=40 /

&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBX=53 /

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBZ=1.5 /

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBZ=2 /

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBZ=7 /

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBZ=7.5 /

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBZ=13 /

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=20 /

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=35 /

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=45 /

```
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=83 /  
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=90 /  
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBY=15 /  
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBY=25 /  
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBY=35 /  
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBY=40 /  
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBY=53 /
```

```
&TIME T_END=900 /
```

```
&TAIL /
```