



LUNDS TEKNISKA
HÖGSKOLA
Lunds universitet

Rapport 9265

Brandteknisk riskvärdering av AF-borgen i Lund



Lund 2005

Nils Baldetorp
Peter Berggren
Frank Graveus
Carl Hansson

Handledare:
Marcus Abrahamsson, Brandteknik LTH
Anna Andersson Carlin, Lunds Brandförsvar

Brandingenjörsprogrammet
Lunds Tekniska Högskola
Box 118
221 00 Lund
Telefon: 046-222 73 00
E-post: brand@brand.lth.se

Department of Fire Safety Engineering
Lund University
Box 118
221 00 Lund, Sweden
Telephone: +46 46 222 73 00
E-mail: brand@brand.lth.se

Rapport/Report 9265

Titel:

Brandteknisk riskvärdering av AF-borgen i Lund.

Title:

Fire safety evaluation of AF-borgen in Lund, Sweden

Av/By

Nils Baldetorp
Peter Berggren
Frank Graveus
Carl Hansson

Brandingenjörsprogrammet, Lunds Tekniska Högskola, december 2005
Department of Fire Safety Engineering, Lund University, December 2005

Sökord:

Brandteknisk riskvärdering, AF-borgen, Lund, dimensionerande brand, kritiska förhållanden, Simulex, CFAST, utrymning, personsäkerhet, brandscenarier.

Keywords:

Fire safety evaluation, AF-borgen, Lund, design fire, critical conditions, Simulex, CFAST, emergency evacuation, human safety, fire scenarios.

Språk/Language: Svenska/Swedish

© Copyright: Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund 2005

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

Abstract

This report, written as an educational feature in a mandatory course at the Fire engineering program, Lund University, is a fire safety evaluation of “AF-borgen” in Lund, Sweden. The report focuses on human safety regarding evacuation and analysis of possible fire hazards with the designed fire. Studies have also been made, where different parameters has been changed such as faster growth rate and a larger rate of heat release, to ensure the validity of the results. Structural damage or act of terrorism has not been taken into consideration in this paper.

The building is a historic castle that now is a part of the Academic Society and is visited by a large number of guests. Analysis has been made for two major fire scenarios, in the night club and the theater.

In the theater a possible fire hazard has been identified where an initial fire could progress in a storage area directly below the stage. Generally for this case, evacuation is possible to execute within the time limit for the fire to reach critical conditions, with exception where an existing smoke hatch was kept closed. This simulation was made to graphically show the importance of maintaining installed fire protection systems.

The result of evacuation of the night club due to a fire in the wardrobe is not as convincing. Two major factors in this scenario are the growth rate and number of guests. With a reasonable number of guests and a fast fire growth rate evacuation is possible. But with an ultra fast or a case where the possibility to evacuate from the main exits is eliminated the results are not convincing.

Sammanfattning

Denna rapport är en utvärdering av personsäkerheten för utvalda delar i Akademiska föreningens byggnad, AF-borgen, i Lund. Bedömningen görs utifrån ett brandtekniskt perspektiv där vi undersöker förutsättningarna för utrymning vid en eventuell brand.

AF-borgen är en stor gammal byggnad vars lokaler utnyttjas till ett flertal verksamheter. Där finns ett antal samlingslokaler i varierande storlek, därav bland annat café, kontor, restaurang och nattklubb.

Inledningsvis undersöks möjliga brandscenarier i byggnaden varefter beslut fattas om vilka tänkbara fall som är av störst intresse. Valen baseras på sannolikhet för händelsen och tänkbar konsekvens. Det första fall som valts att studeras är en tänkbar brand i en el-central belägen under ett scenutrymme i Stora salen. Det andra fallet utgörs av en tänkbar brand i ett garderobsutrymme inne på nattklubben, Tegnér's.

För respektive scenario arbetas ett underlag fram som bland annat innehåller förutsättningar med avseende på brandens karaktär och byggnadens antal besökare. Detta underlag utnyttjas vid simulering och modellering i två datorprogram vid namn Simulex och CFAST. Programmen ger en uppskattning av den tid det tar att utrymma byggnaden samt den tid det tar för branden att orsaka kritiska förhållanden för människor. För att se hur resultatet påverkas av olika ingångsvärden utförs och analyseras ett antal olika simuleringar för respektive scenario. Härmed utförs vad som kallas en känslighetsanalys.

I första scenariot, brand i el-centralen, kan det konstateras att utrymning av Stora salen, och byggnaden i stort, generellt sett fungerar bra. Problem uppstår endast vid de fall där vi utför känslighetsanalys med avseende på ökad brandeffekt och tillväxthastighet samt har maximalt antal personer i byggnaden. Undersökning görs även med hänsyn till eventuellt fallerat aktivt system i form av brandgasluckor. I detta fall överskrider utrymningstiden den tid det tar för branden att orsaka kritiska förhållanden. Utrymningen blir i detta fall svår att genomföra.

I andra scenariot, brand i garderoben, kan det konstateras att utrymning av nattklubben generellt sett fungerar mindre bra. Marginalerna är i flera fall små och i de fall där maximalt antal personer befinner sig i lokalerna samt brandens tillväxthastighet är mycket snabb är möjligheterna till en problemfri utrymning små. I de fall där ett mer troligt antal människor befinner sig i lokalerna och då branden inte tillväxer lika snabbt klaras dock utrymning av på ett mer tillfredställande sätt.

För att förbättra/säkerställa möjligheterna till utrymning skall följande åtgärder vidtas:

- Handbrandsläckare skall placeras i anslutning till el-centralen i Stora salen samt garderobsutrymmena i Tegnér's.
- Utbildning av berörd personal gällande handbrandsläckare skall genomföras kontinuerligt.
- Kontroll och underhåll av tekniska installationer såsom brandgasventilation, anordningar för automatisk dörrstängning, dörrvred för utrymningsdörrar, brandgasspjäll i ventilationskanalerna, rökdetektorer samt utrymningslarm skall utföras kontinuerligt.
- Utrymningsvägar får ej blockeras och skall därmed hållas fria från lös inredning samt annat som kan bidra till problem vid eventuell utrymning.

- Ytterplagg och dylikt skall vid evenemang placeras så att utrymningsvägar och nödutgångar, vid brand, ej slås ut.

För att förbättra/säkerställa möjligheterna till utrymning bör följande åtgärder vidtas:

- Vid nattklubsverksamhet i Tegnér's bör larmmottagare för byggnaden finnas ibland Tegnér's personal alternativt bör utrymningslarmet vara direkt kopplat till rökdetektorerna.
- Utrymningsskyltar i Tegnér's bör kompletteras med grönt blinkande ljus.
- Dörrar mellan Tegnér's garderobsutrymmen och övriga delar av lokalen bör vara av brandteknisk klass EI30-C.
- Foajén bör hållas fri från lös inredning samt bör inte utnyttjas till någon form av aktivitet.
- Samlingslokaler i källarplanet bör förses med öppningsbara fönster i den mån det är möjligt.

Förord

Författarna vill härmed uttrycka sitt varma tack till följande personer och företag för deras bidrag till arbetet.

Marcus Abrahamsson, Brandteknik LTH, för stödet som handledare.

Anna Andersson Carlin, Lunds Brandförsvär, för stödet som handledare.

Anders Eriksson, Lunds Brandförsvär, för hjälpen med information om objektet samt räddningstjänstens åtkomlighet.

Tony Larsson, fastighetschef på AF-borgen, för trevligt bemötande samt hjälp med rundvandringar i objektet och tekniska frågor.

Torbjörn Wixe, edil på AF-borgen, för hjälpen med tekniska frågor.

Daniel Gojkovic, Brandteknik LTH, för konsultation av datorprogram.

Personalen på Tegnér's för deras hjälpsamma bemötande.

Innehållsförteckning

1. Inledning.....	13
1.1 Bakgrund.....	13
1.2 Syfte.....	13
1.3 Metod.....	13
1.4 Avgränsningar.....	14
2. Grundläggande teori.....	15
2.1 Allmänt.....	15
2.2 Tid för utrymning.....	15
2.3 Tid för kritiska förhållanden.....	15
2.4 Dimensionerande brandeffekt.....	15
3. Beskrivning av objekt.....	17
3.1 Byggnad.....	17
3.2 Verksamhet.....	17
4. Begränsningar.....	19
5. Befintligt brandskydd.....	21
5.1 Allmänt.....	21
5.2 Passivt.....	21
5.2.1 Brandceller.....	21
5.3 Aktivt.....	22
5.3.1 Sprinkler.....	22
5.3.2 Brandgasventilation.....	22
5.3.3 Brandgasspjäll.....	22
5.3.4 Larm.....	22
5.3.5 Övrigt.....	22
6. Tänkbara brandförlopp.....	23
6.1 Källarplan.....	23
6.1.1 Festlokal.....	23
6.2 Entréplan.....	23
6.2.1 Café Athen.....	23
6.2.2 Tegnér's.....	23
6.3 Våning 2.....	24
6.3.1 Festvåningen, Nya fest och Lilla salen.....	24
6.3.2 Stora salen.....	24
6.3.3 Konsertsalen.....	24
6.4 Valda scenarier.....	25
7. Utrymning.....	27
7.1 Allmänt.....	27
7.2 Utrymningsvägar.....	27
7.2.1 Allmänt.....	27
7.2.2 Stora salen.....	28
7.2.3 Tegnér's.....	29
7.3 Skyltar.....	30
7.3.1 Allmänt.....	30
7.4 Nödbelysning.....	30
7.4.1 Allmänt.....	30

7.5 Räddningstjänstens tillgänglighet	30
7.6 Tänkbara problem / Kritiska platser	30
8. Dimensionerande brand.....	33
8.1 Allmänt.....	33
8.2 Stora salen	33
8.2.1 Uppkomst av brand	35
8.2.2 Brandeffekt.....	35
8.3 Tegnér's	37
8.3.1 Uppkomst av brand	37
8.3.2 Brandeffekt.....	37
9. Tillvägagångssätt.....	39
9.1 Utrymningssimulering.....	39
9.2 Rökfyllnadsmodellering	39
10. Förutsättningar och resultat för utrymningssimulering	41
10.1 Stora salen	41
10.1.1 Fall 1, maxantal	41
10.1.2 Fall 2, troligt antal människor	42
10.1.3 Fall 3, troligt antal människor med blockering av utrymningsväg	43
10.2 Tegnér's	45
10.2.1 Fall 1, maxantal	45
10.2.2 Fall 2, troligt antal människor	47
10.2.3 Fall 3, troligt antal människor med blockering av utrymningsväg.	47
10.2.4 Fall 4, maxantal med blockering av utrymningsväg	48
10.3 Kommentarer till resultat för utrymningssimulering.....	49
10.3.1 Stora salen	49
10.3.2 Tegnér's	50
11. Förutsättningar och resultat för rökfyllnadsmodellering.....	51
11.1 Stora salen	51
11.1.1 Fall 1, brand i el-central	53
11.1.2 Fall 2, brand i el-central samt scen.....	57
11.1.3 Fall 3, ökad effekt samt tillväxthastighet	60
11.1.4 Fall 4, ej fungerande brandgasventilation	63
11.2 Tegnér's	67
11.2.1 Fall 1.....	68
11.2.2 Fall 2.....	68
11.2.3 Fall 3.....	68
11.2.4 Fall 4.....	68
11.2.5 Resultat Tegnér's	68
12. Analys/Jämförelse av resultat.....	71
12.1 Stora salen	71
12.1.2 Sammanfattning	75
12.2 Tegnér's	76
13. Förslag till att förbättra brandskydd	79
14. Källförteckning.....	83
Bilagor	85

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Arbetet med att framställa den här rapporten utgör en stor del av kursen *Brandteknisk riskvärdering* som hålls vid Lunds tekniska högskola, LTH. Denna del av kursen innebär mycket självstudier och projektet utförs i grupp om fyra eller fem personer. Varje grupp tilldelas en handledare ifrån institutionen Brandteknik samt en ifrån kommunen där tilldelat objekt är lokaliserat.

1.2 Syfte

Syftet med denna rapport är att värdera personsäkerheten i utvalda delar av Akademiska Föreningens byggnad, AF-borgen, i Lund. Bedömningen görs med avseende på risk för uppkomst av brand, spridning av brand och brandgaser samt utrymning. Krav gällande nybyggnation enligt Boverkets byggregler kommer också, i viss mån, att tas upp och beskrivas. Vidare är syftet med rapporten att, i de fall där säkerheten kan anses bristfällig, ge förslag på eventuella förändringar vilka kan tänkas sänka riskerna och minska konsekvenserna vid ett eventuellt tillbud.

1.3 Metod

Vid brandteknisk projektering skiljer man på förenklad och analytisk dimensionering. Förenklad dimensionering kan enkelt beskrivas som en schablonmetod där man projekterar brandsäkerheten genom att uppfylla alla krav som finns i Boverkets byggregler, BBR¹. Om man vill göra avsteg eller någon form av tekniska byten utöver dem som anges i BBR:s rådtypek måste man på ett mer ingående sätt verifiera att lösningen innebär att erforderlig säkerhet uppnås. Detta kallas analytisk dimensionering och är den typen av dimensionering som vi kommer att använda oss av för att utvärdera, och undersöka, om vårt objekt uppfyller gällande krav beträffande säkerhet vid brand. I BBR beskriver man detta krav genom att skriva att byggnader skall utformas på ett sådant sätt att man vid en eventuell brand kan utrymma byggnaden på ett tillfredställande sätt.

Att helt utesluta olika former av tillbud är i praktiken omöjligt. I slutändan finns alltid möjligheten att någon typ av sabotage kan förekomma, till exempel en anlagd brand. Vad vår säkerhetsutvärdering grundar sig på är att man vid en eventuell brand i byggnaden skall ha så pass mycket tid på sig att man utan problem skall kunna ta sig till säkerhet, till exempel ut genom närmaste utrymningsväg. Med andra ord kan man säga att tiden för utrymning skall understiga den tid det tar för branden att orsaka kritiska förhållanden i byggnaden. Med kritiska förhållanden avses parametrar som påverkar människans förmåga, att själv ta sig till säkerhet, negativt. Här syftas bland annat på temperatur, sikt, och toxicitet. För mer detaljerad information om kritiska förhållanden, se bilaga 1.

Som hjälp för att ta fram det underlag vi behöver för säkerhetsutvärderingen väljer vi att ta hjälp av ett antal datorprogram. För att bestämma utrymningstiden samt den tid det tar innan kritiska förhållanden uppnås använder vi oss av två program vid namn Simulex ver. 11.1.3 och CFAST ver. 6.0.5. Innan vi kan utnyttja våra hjälpmedel återstår dock att genom praktiska och teoretiska resonemang arbeta fram ett underlag där vi beskriver vilka förutsättningar programmen skall ta

¹ Boverket (2002), *Boverkets Byggregler, BBR*, Boverket: Vällingby.

hänsyn till. Detta gör vi bland annat genom att välja tänkbara scenarier med avseende på plats för branden och mängd människor i byggnaden. Vi väljer också en dimensionerande brandeffekt vilken till stor del ligger till grund för vårt slutresultat. Efter simulering och modellering i programmen jämför och analyserar vi resultaten och kan utifrån detta göra vår bedömning. För ingående beskrivning av datorprogrammen, dess antaganden, förutsättningar och begränsningar, se bilaga 2.

1.4 Avgränsningar

Då syftet med rapporten i första hand är att utvärdera säkerheten beträffande utrymning väljer vi att bortse ifrån faktorer som byggnadens hållfasthet och bärförmåga då vi anser att denna inte påverkas i tillräcklig omfattning inom den tidsram som gäller för utrymning. Säkerhet beträffande omgivande miljö, och personsäkerhet utöver den som påverkas av brand, kommer således inte att tas upp.

2. Grundläggande teori

2.1 Allmänt

För att ta fram rimliga värden för respektive tid vi behöver, utnyttjar vi en mängd matematiska samband. Dessa är framtagna antingen genom teoretiska härledningar och resonemang, eller genom experimentellt anpassade korrelationer.

2.2 Tid för utrymning

Ungefärlig tid för utrymning kan tas fram genom att uppskatta och addera tiden för detektion, tiden för reaktion samt tiden för förflyttning. Tiden för detektion motsvarar den tid det tar att upptäcka branden. Finns en detektor och ett anslutande utrymningslarm så motsvarar denna tid helt enkelt tiden det tar innan larmet går och man blir varse att det brinner. Tiden för reaktion avser den tid det tar ifrån varseblivning tills man målmedvetet börjar utrymma. Denna tid varierar kraftigt ifrån person till person och utgör den största osäkerhetsfaktorn för den totala utrymningstiden. Här grundas antaganden på forskning inom mänskligt beteende och någon typ av medelvärde kan i de flesta fall antas. Tiden för förflyttning kan relativt noga beräknas då utrymningssträckan och uppskattad medelhastighet kan antas vara kända. Svårigheten med denna deltid är emellertid att ta hänsyn till köbildning av olika slag. För vidare diskussion om utrymningstid, se bilaga 2.

2.3 Tid för kritiska förhållanden

Tiden för kritiska förhållanden är i grunden betydligt mer invecklad än tiden för utrymning. Här utnyttjas som tidigare nämnts en mängd ekvationer som är baserade på många års forskning och experiment. Då utvärdering av brandsäkerhet inte är någon exakt vetenskap görs många antaganden under vägens gång vilket får tas i beaktning vid analysering av resultatet. I grund och botten behandlar och löser man kontinuitetsekvationer med avseende på massa och energi. Beroende på val av modell görs detta för antingen två stora volymenheter, zon-modell, eller för många små, väl avgränsade volymenheter, fält-modell. Med hjälp av olika samband, till exempel för en brandplyms massflöde, och kännedom om byggnadens geometri kan bland annat tiden för rökfyllnad av ett valt utrymme beräknas. På liknande sätt kan även temperaturen i brandgaslaget beräknas och då toxiciteten i brandgaserna hänger ihop med syrehalten kan denna också relativt lätt kan bestämmas.

2.4 Dimensionerande brandeffekt

Trots datorernas hjälp måste dock de indata som ligger till grund för beräkningarna väljas mycket noga, då de till stor del styr resultaten. Den klart avgörande informationen som våra beräkningar behöver är den dimensionerande brandeffekten. Denna kan tas fram på olika sätt. Vi har valt att ta hjälp av en metod i enlighet med amerikanska SFPE handbook², som kallas alfa-t² metoden. Tidigare erfarenheter och beräkningar visar att ett brandförlopps effektutveckling, med en initialbrand och brandspridning till närliggande material, på ett bra sätt kan jämföras med resultatet ifrån denna metod. För metoden i fråga beskriver man brandens effektutveckling som

² SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 2nd ed., National Fire Protection Association, Quincy, MA, 1995.

en funktion av tiden så att effekten ökar kvadratisk med tiden enligt sambandet $\dot{Q} = \alpha \cdot t^2$ där \dot{Q} är effekten, α är en tillväxtfaktor och t är tiden i sekunder. Utöver denna tillväxtfas behöver vi också veta den maximala effekt som kan uppnås samt i vissa fall även hur länge denna effekt kan tänkas pågå. Även en fas där effektutvecklingen avtar kan också tänkas vara av intresse.

3. Beskrivning av objekt

3.1 Byggnad

AF-borgen är belägen i centrala Lund och är en gammal borg av murat tegel. Borgen byggdes under åren 1850-1851 och består av 6,5 plan inklusive källare. Byggnaden har en bärande konstruktion av tegel och stål, och invändigt består väggar och golv mestadels av material så som trä och sten. Byggnaden har fler än tre våningsplan vilket innebär att den blir brandtekniskt klassad som en BR1 byggnad³. I AF-borgen finns många olika typer av utrymmen, både små rum i form av kontor och förråd men också stora samlingslokaler. Utrymmenas geometriska form är också av varierande karaktär. Allt ifrån kubiska utrymmen till mer cirkulära rum finns på många av planen. Takhöjden varierar men är generellt sett väl tilltagen, i de större salarna upp till omkring 7 meter som mest.

3.2 Verksamhet

På källarplanet är två mindre festlokaler belägna, Kajutan och Källarsalen. Utrymmena står till förfogande för uthyrning vilket till exempel utnyttjas i samband med skolavslutningar och liknande evenemang. I övrigt kan källarplanet anses som otillgängligt för allmänheten.

På plan 1 finns ett antal lokaler som utnyttjas till olika verksamheter. Där finns café, bokhandel, kläduthyrning, samt restaurang och nattklubb, Tegnér's. Cafét är öppet vardagar mellan 09.00 och 21.00 och utnyttjas under större delen av tiden som studieplats för studenter. Även mindre tillställningar som konserter och liknande evenemang kan förekomma. Bokhandeln ligger i anslutning till cafét och har under vardagar normala öppettider. Kläduthyrningen ligger mer avskilt ifrån andra verksamheter och är endast öppen i anslutning till större tillställningar. Tegnér's håller öppet som vanliga restauranger med lunch mitt på dagen och kvällsservering men öppnar även upp nattklubben på fredagar, samt varannan lördag. Denna kan variera i storlek vilket man löser med hjälp av avskärmande dörrar. När hela nattklubben är öppen används även ett utrymme i källaren som garderob.

På plan 2 finns det ett flertal kontor som utnyttjas dagtid. Det finns även en mindre konsertsal och en sångsal samt en festvåning med festlokaler. Festlokalerna, Nya fest och Lilla salen, kan hyras för privata tillställningar. På plan 2 ligger även Stora salen som är en stor lokal med en scen i ena änden. Denna används mestadels till spex och teater, men utnyttjas även till större fester och andra evenemang.

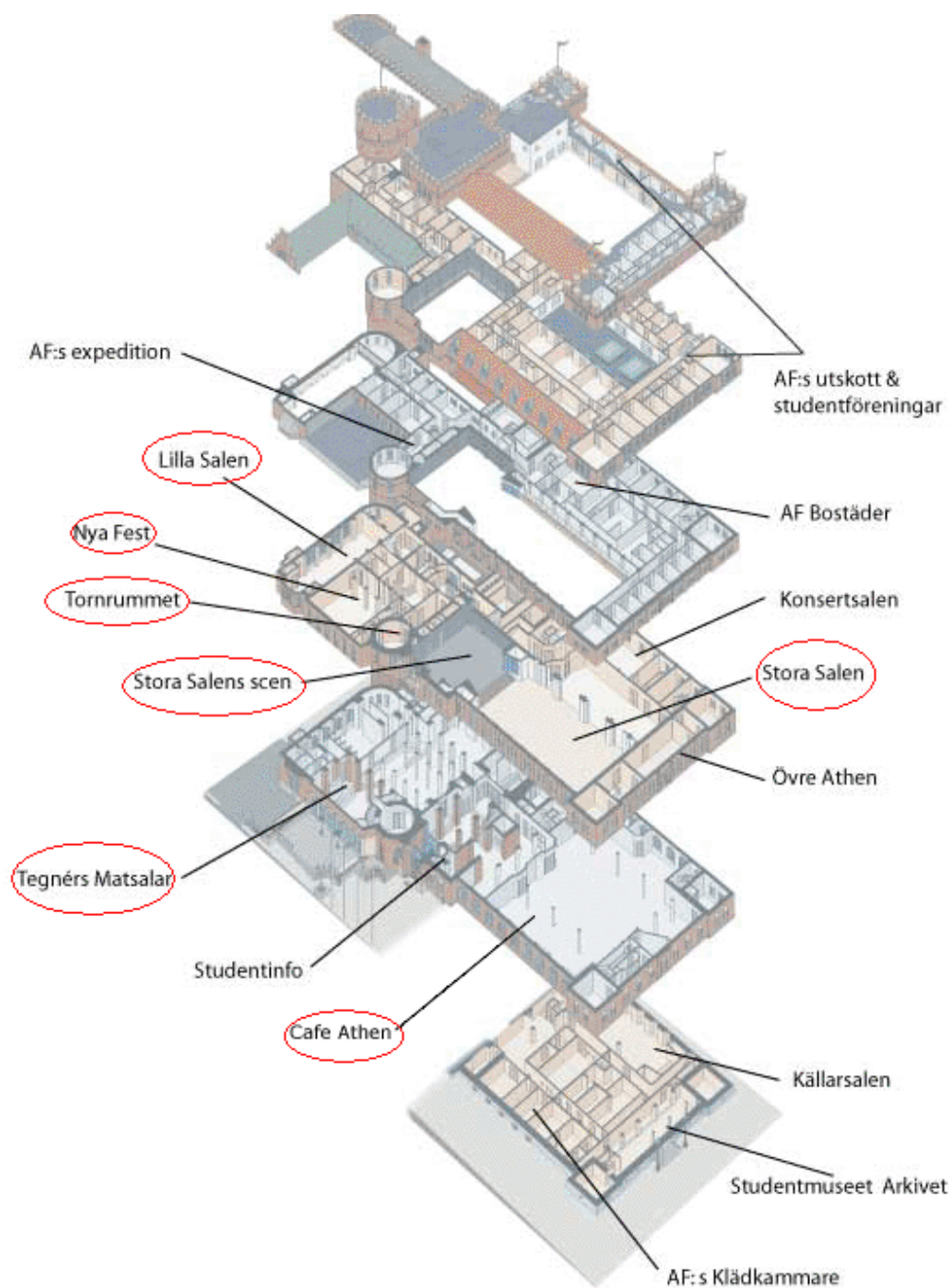
På plan 3 finns det ytterligare en mindre festlokal, Lilla Festsalen, och ett större antal kontorsutrymmen där bland annat vaktmästare, administrativ personal, samt AF-bostäder har sin verksamhet. Övriga utrymmen utgörs bland annat av övre delarna av Stora salen, balkongen, och mindre förråd samt fläktrum.

På plan 4 finns inga direkt publika utrymmen utan i stort sett endast kontorslokaler och fläktrum.

³ Boverket (2002), *Boverkets Byggregler, BBR*, Boverket: Vällingby.

På plan 5 finns liksom på plan 4, kontorslokaler och fläktrum, men utöver detta även en mindre bostadslägenhet för personal.

Kontorsutrymmena på plan 4 och 5 används i måttlig utsträckning och nyttjas bland annat av olika typer av studentföreningar.



Figur 1, beskrivning över lokaler i AF-borgen

4. Begränsningar

För att inom tidsramen för detta arbete kunna presentera en så kvalitativ bedömning av säkerheten som möjligt måste vi begränsa omfattningen till delar av byggnaden samt ett mindre antal tänkbara scenarier. Då syftet med arbetet är att upptäcka eventuella problem vid utrymning måste vi först och främst ställa oss frågorna; Vad är det som kan hända? Är händelsen trolig? Vilka problem kan tänkas uppstå? Med utgångspunkt ifrån dessa frågor har vi resonerat oss fram till ett antal tänkbara scenarier. Något förenklat kan man säga att de fall som involverar många människor är de mest intressanta. Vi har till exempel valt bort att titta på scenarier i utrymmen där relativt få människor vistas och där personerna i fråga kan antas ha god lokalkännedom. Kvar får vi scenarier i publika utrymmen där många människor vistas samtidigt och där man i de flesta fall kan anta att personerna i fråga ej känner till byggnaden och därmed har större svårigheter att utrymma vid ett eventuellt tillbud. Utifrån dessa scenarier har vi sedan diskuterat om vilka som kan antas vara de mest troliga och vilka som kan få de värsta konsekvenserna. Vad vi i slutändan har kvar är något vi kallar de värsta troliga scenarierna, engelskans; *worst credible cases*. Det är utifrån dessa valda scenarier som arbetet och bedömningen kommer att baseras på. Med hänvisning till ovan nämnda kriterier har vi valt att för vårt objekt enbart fokusera på våning ett och två, och till viss del även källarvåningen och våning tre.

För ritningar av källarplanet, plan 1, 2 och 3, se bilaga 4. Här hittas även de i texten angivna rumsnumren.

5. Befintligt brandskydd

5.1 Allmänt

Brandskyddet i AF-borgen innefattar de anordningar och tekniska installationer som aktivt eller passivt verkar för att förebygga uppkomst och förhindra spridning av brand. Med aktivt brandskydd syftas i första hand till tekniska lösningar som till exempel sprinkleranordning och brandgasventilation medan man med passivt brandskydd generellt syftar på brandväggar och andra brandcellsgränser. Regler och rekommendationer för utvalda delar i BBR redovisas i bilaga 5 där även en jämförelse görs med hur det idag ser ut på AF-borgen.

5.2 Passivt

5.2.1 Brandceller

Den definition på en brandcell som ges av BBR⁴ lyder ” avgränsad del av en byggnad inom vilken en brand under en föreskriven minsta tid kan utvecklas utan att sprida sig till andra delar av byggnaden.”

Nedan följer en sammanställning av hur en del av byggnadens passiva brandskydd (brandceller), är uppbyggt. Uppgifterna kommer från befintliga ritningar över objektet. Numren inom parantes syftar återigen till byggnadens ritningar, se bilaga 4.

Utrymmen som utgör egna brandceller i källaren är i huvuddrag:

- Källarsalen (002, 003, 005)
- Korridor 007 som leder direkt ut till gatan.
- Arkivet (009 med flera)
- Kajutan (018,028)
- Rum (012,013)

Utrymmen som utgör en egen brandcell på plan 1 är i huvuddrag:

- Café/bokhandel
- Huvudentré/foajé/trapphus
- Tegnér restaurang/nattklubb
- Lilla entrén på gaveln + trapphus
- Trapphus 130
- Hisschakt

Utrymmen som utgör egna brandceller på plan 2 är i huvuddrag:

- Trapphus 243
- Stora salen, foajén, konsertsalen samt de fem södra rummen. (I princip hela södra delen av byggnaden utom trapphus 243)
- Stora scenen, avgränsas mot Stora salen med spaltsprinkler längs scenridån.
- Utrymningsvägar/trapphus
- Nya fest, lilla salen

⁴ Boverket (2002), *Boverkets Byggregler, BBR*, Boverket: Vällingby.

5.3 Aktivt

5.3.1 Sprinkler

Byggnaden är delvis försedd med sprinkler. På plan 1 är caféet och bokhandeln sprinklade. På plan 2 är scenridån sprinklad med en så kallad spaltsprinkler, det vill säga ett rör, lika långt som ridån, med ett antal små hål i där vatten kan passera igenom. Spaltsprinklern fungerar i det här fallet som en brandcellsgräns mellan scenutrymmet och Stora salen. Sprinklercentralen är belägen i källaren under Tegnér's kök och kan nås från utsidan via en trappa.

5.3.2 Brandgasventilation

En brandgasventilationslucka på 2 m² sitter monterad i taket ovanför scenen i Stora salen och leder direkt ut till det fria. För att ridån ej skall påverkas av luftflödet och sugas in på scenen slutar den omkring en halv meter över golvet.

5.3.3 Brandgasspjäll

Då vi har mycket begränsat material om hur byggnadens ventilationssystem är uppbyggt, annat än vid Café Athen, så har vi vissa svårigheter att dra slutsatser om hur det påverkar en eventuell brand. Generellt för hela byggnaden gäller dock att det, i ventilationskanalerna mellan brandcellerna, finns brandgasspjäll vilka aktiveras och stängs via rökdetektorer. När brandgaser sprids genom ventilationskanalerna utlöses detektorerna, varpå brandgasspjället stryper flödet, kort därefter stängs hela det berörda fläktaggregatet av. Spjällen underhålls enligt uppgift två gånger per år. Detta system är inte kopplat till larmcentralen utan måste läsas av via en dator på driftinformationen för fläktsystemet. Detta görs regelbundet av vaktmästare och annan berörd personal. Efter utlöst system krävs manuell omstart av fläktsystemet.

5.3.4 Larm

Hela byggnaden är utrustad med utrymningslarm. Detektion sker enligt uppgift via optiska rökdetektorer som finns utplacerade i god omfattning. Vid brand hörs ett talat meddelande i de publika lokalerna på plan 1 och 2, och klockor ljuder i övriga delar. Stora salen är dessutom utrustad med ljussignal och nödbelysning. Om en detektor löser ut någonstans i byggnaden mottager på förhand vald personal larmsignalen varpå systemet kräver kvittens inom två minuter. Om detta görs har personalen ytterligare fem minuter på sig att lokalisera eventuell brand eller felkälla och avgöra om byggnaden behöver utrymmas eller inte. Om personalen manuellt utlöser utrymningslarmet kommer detta att höras i hela byggnaden. Tänkbara problem med den här typen av larm och fördröjning i systemet är att branden kan få avsevärt mer tid till att växa sig stor. Samtidigt kan det här medföra att personal många gånger kan hinna fram till platsen i god tid och därmed hinna bekämpa branden. Man undviker även onödiga kostnader för utryckningar av räddningstjänsten och utrymningar av byggnaden till följd av fellarm.

5.3.5 Övrigt

Som aktivt brandskydd ingår även alternativa lösningar som till exempel handbrandsläckare. Vad som konstaterats vid rundvandring i byggnaden är att handbrandsläckare generellt sett endast utnyttjas i måttlig till begränsad omfattning. På plan 1 förekommer de i större utsträckning än på plan 2 där man istället har tre stycken väggmonterade brandslangar, en utanför *Lilla salen* och två i *Stora salen*.

6. Tänkbara brandförlopp

Efter rundvandring i byggnaden har vi funnit vissa tänkbara brandförlopp som utmärker sig med avseende på sannolikhet och möjlig konsekvens. Dessa beskrivs i följande avsnitt nedan.

6.1 Källarplan

6.1.1 Festlokal

I källaren finns en festlokal som hyrs ut både till olika föreningar och privatpersoner. Längs med lokalen löper en korridor, vilken två utrymningsvägar på var sin sida om rummet, leder ut till. Ett eventuellt problem som kan tänkas förekomma är att man använder korridoren som ett kapprum. Den brandrisk som vi anser vara mest överhängande vid festligheter på nedre plan är just en brand i ett sådant. Ursprungligen är lokalens utrymningsvägar inte oberoende av varandra men detta har man löst genom att i korridoren installera en branddörr vilken avgränsar korridoren i två delar. På detta sätt säkerställs att åtminstone en av utrymningsvägarna vid ett eventuellt tillbud i korridoren kan utnyttjas. För att inte båda utrymningsvägarna skall slås ut vill vi påpeka vikten av att underhåll utförs kontinuerligt så att dörrstängare och magnetlås fungerar på betryggande sätt.

6.2 Entréplan

6.2.1 Café Athen

Café Athen är belägen i byggnadens södra del som är förhållandevis nyrenoverad. I denna del av byggnaden finns flera verksamheter förutom caféet. Det finns en bokhandel och ett uthyrningsföretag som tillhandahåller festkläder. Tänkbar branduppkomst kan exempelvis ske i bokhandeln eller i caféets köksdel. Lokalen med de nämnda verksamheterna är placerade inom en egen brandcell förutom uthyrningsföretaget med festkläder som är beläget utanför. I den här delen av fastigheten är brand- och utrymnings säkerheten väl genomtänkt. Det finns många utrymningsvägar som leder direkt ut till det fria och lokalen har ett sprinklersystem installerat. Detta medför att det vid en eventuell brand finns mycket goda möjligheter att utrymma på ett betryggande sätt. Sprinklersystemet bidrar med att effektutveckling och brandgastemperatur hålls nere vilket resulterar i ett mer gynnsamt klimat. Under de tider brand i köket och bokhandeln troligast kan tänkas uppstå finns det alltid personal tillgänglig vilket dessutom bör resultera i en snabb detektering av branden.

6.2.2 Tegnér's

I Tegnér's finns ett antal tänkbara brandförlopp. Utrymmet utnyttjas både som restaurang och nattklubb och är uppdelad i många små delutrymmen där det förekommer en viss del brännbart material i form av bord, stolar och träbeklädda väggar. Vi ser två större potentiella brandrisker i dessa lokaler, en brand i köksdelen samt en brand i nattklubbens garderob. Det första fallet ser vi dock inte som det största problemet i och med att det vid de tider då köket är i drift hela tiden uppehåller sig utbildad och van kökspersonal. Visserligen finns möjligheten att köket även utnyttjas på kvälls- och nattetid i och med att det även då finns möjlighet att beställa varm mat. Men med hänsyn till vad som kan tänkas brinna i köket anses konsekvenserna vid en brand i detta utrymme dock vara av det mindre slaget.

Det andra tänkbara scenariot är att en brand skulle uppstå i något av de båda kapprummen. Detta skulle innebära en mycket snabb effektutveckling och stor rökpoteential och därmed dålig sikt. Risken finns att även trapphuset vid huvudingången till AF-borgen eventuellt kan slås ut vilket skulle kunna få betydande konsekvenser. Tänkbar brandsorsak kan till exempel vara ett exploderat mobiltelefonbatteri i en jackficka.

6.3 Våning 2

6.3.1 Festvåningen, Nya fest och Lilla salen

Dessa lokaler hyrs ut till diverse festligheter såsom bröllop, dop och middagar. Det är en god tilltagen takhöjd och relativt lite brännbart material i lokalen. Vid en tillställning finns dock återigen problematiken kring var man hänger sina ytterkläder. Dessa klädhängare bör placeras på betryggande avstånd från utrymningsvägar och nödutgångar, och gärna i ett separat rum. Det står två stycken restaurantkylar i rummet i vilka det kan föreligga risk för antändning. Då människor vistas i lokalen och nyttjar kylskåpen kommer branden med stor sannolikhet att upptäckas i god tid. För övriga tider kan brand också upptäckas snabbt då det finns en rökdetektor precis ovanför kylarna.

6.3.2 Stora salen

Under scenen finns en el-central som även fungerar som ett förrådsrum för rekvisita och ljusanordningar. Här finns många tänkbara tändkällor och mycket brännbart material. Vi ser en problematik kring en eventuell brand i det här utrymmet då den visuella detektionen vid en föreställning kan fördröjas då brandrök kan misstas för scenrök. Vissa väggar har träbeklädnad och taket, som till stor del utgörs scengolvet, är också i trä. Dessutom finns gott om inredning i form av tyger, träskåp, träpallar och liknande material. Vi ser en risk för en relativt snabb brandspridning till angränsande utrymmen på grund av att det mot dessa förekommer relativt stora öppningar och otäta genomföringar. Risken för att initialbranden i det här utrymmet kan pågå obehindrat under ett antal minuter måste, trots att det finns rökdetektor i utrymmet, också tas i beaktning på grund av larmsystemets utformning. I Stora salen kan ett stort antal människor uppehålla sig och trots hög takhöjd finns en risk att kritiska förhållanden kan uppstå innan fullständig utrymning är avklarad.

6.3.3 Konsertsalen

Vid konserter och revyer på stora scenen används ofta ett närliggande rum, konsertsalen, till förråd och förberedelserum för de medverkande artisterna och skådespelarna. Detta innebär att rummet kan innehålla en mängd olika saker såsom kläder, tilltugg och rekvisita. Rummet har en ytbeklädnad av trä och det finns även en liten scen samt ett angränsande sminkrum som kan tänkas bidra med ytterliggare brännbart material. Ifrån konsertsalen finns det två möjliga utrymningsvägar, en som fungerar som en ”huvudingång” till rummet och en annan som finns vid den bortre kortsidan. Denna leder ut till ett rum som mer eller mindre tillfälligt används som förråd till Stora salen. Vi har observerat att detta förrådsutrymme kan innehålla stolar och bord i sådan utsträckning att utrymning genom denna dörr i stort sett är omöjligt.

6.4 Valda scenarier

Utifrån ovan beskrivna förutsättningar har diskussion förts om vilka scenarier som är troligast och vad för typ av följder som dessa kan medföra. Vi har valt att mer ingående undersöka de två fallen med brand i kapprummet i Tegnér's och brand i el-centralen under stora scenen. Dessa förlopp tror vi kommer ha störst inverkan på utrymningssäkerheten. Det finns även ett intresse där vi vill försäkra oss om att trapphuset, där de flesta kommer att utrymma, inte slås ut. Dessa två förlopp kommer vi att modellera i CFAST och Simulex för att bedöma om utrymning kan komma att ske på ett betryggande sätt.

7. Utrymning

7.1 Allmänt

Vad som allmänt menas med utrymning är att man vid en sådan ska få alla människor avlägsnade ifrån en lokal eller byggnad. Som nämnts i inledningen ställer samhället krav på hur detta ska gå till. Boverket har ett krav vars innebörd är att samtliga människor i ett givet utrymme skall kunna ta sig till en säker plats innan det har uppstått kritiska förhållanden. Med säker plats avses med fördel ute i det fria, men kan även innebära annan plats i byggnaden.

7.2 Utrymningsvägar

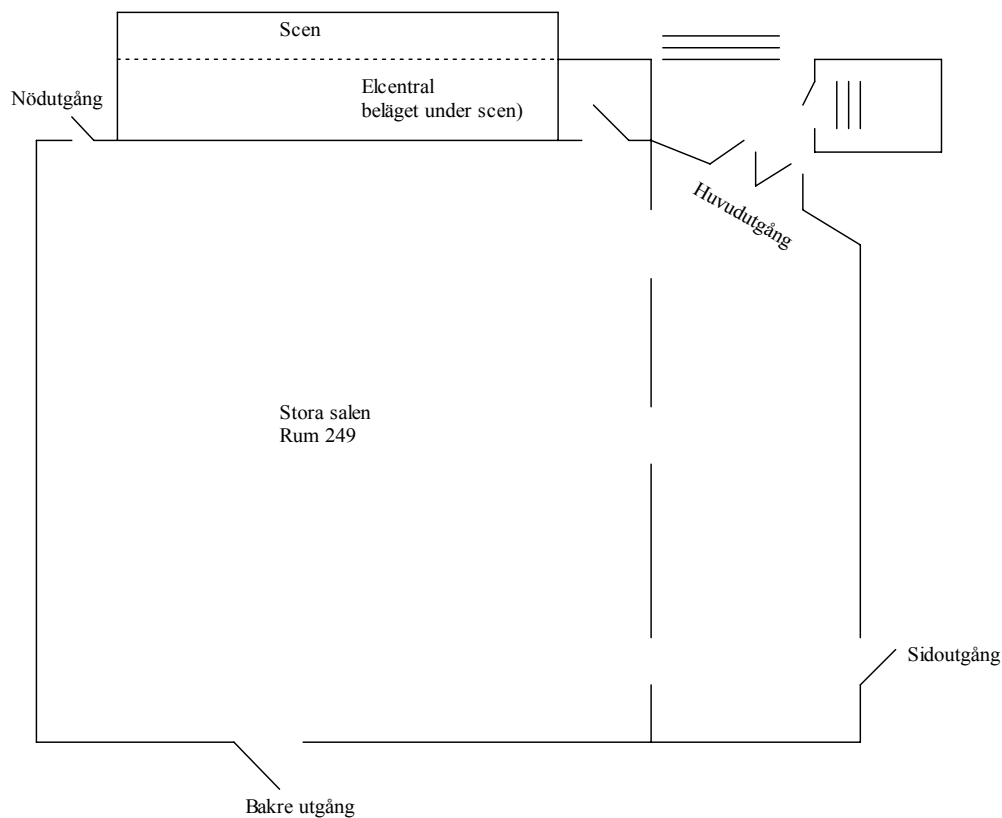
7.2.1 Allmänt

En utrymningsväg definieras som en väg ifrån en brandcell ut i det fria, eller annan säker plats. Generellt gäller att utrymningsvägar skall hållas fria från lösa föremål, brännbart material och annat som kan tänkas försvåra en utrymning.

Då denna rapport framför allt tar upp två brandscenarier; brand vid Stora Scenen samt brand i Tegnér's garderob, följer nedan en genomgång av, för dessa utrymnen och scenarier, berörda utrymningsvägar. Återigen syftar rumsnumren till objektritning, se bilaga 4.

7.2.2 Stora salen

Vid ett eventuellt tillbud i Stora salen finns ett antal olika möjligheter att utrymma. Närmast scenen finns huvudingången där besökarna normalt sett kommer in. Till vänster om scenen finns en nödutgång. I bakre delen av Stora salen finns ytterligare två möjligheter till utrymningsvägar, en bakre utgång och en utgång som är placerad i det angränsande utrymmet till höger om Stora salen, se figur nedan. Vid utgång genom huvudentrén finns två möjligheter att nå markplan i form av två olika trapphus, bägge dessa kan utnyttjas. Troligtvis kommer större delen av de utrymmande personerna välja att utrymma samma väg de kom ifrån vilket kan bidra med att just dessa två trapphusen kan komma att bli högt belastade. Ifrån Stora salen finns också möjligheten att utrymma via fönster. Detta kräver dock räddningstjänstens hjälp vilket bidrar till att vi väljer att inte utnyttja denna möjlighet i våra utrymningssimuleringar. Möjligheten att de nödutgångar som är placerade närmast branden ej kommer att kunna utnyttjas under hela utrymningen är mycket troligt och detta kommer att beaktas i våra simuleringar.



Figur 2, skiss över stora salen

7.2.3 Tegnér's

Vid brand i nattklubbens garderob kan man anta att värmestrålning och rökutveckling helt eller till största delen slår ut utrymning via den närliggande terrassingången. De närmaste utrymningsvägarna som då finns att tillgå är att via rum 110 (dansgolvet) ta sig till rum 109A och därefter ut ur brandcellen. Ett annat närliggande alternativ är att via korridor 107 ta sig ut genom den befintliga nödutgången och ut i det fria på baksidan av AF-borgen. Längst bort, i rum 105, finns ytterliggare en utrymningsväg som via trapphus 157A leder ut på baksidan.



Figur 3, skiss över Tegnér's

7.3 Skyltar

7.3.1 Allmänt

Utrymningsskyltar, så kallade ”vägledande markeringar” skall finnas uppsatta väl synliga ovanför dörr till utrymningsväg eller dörr i utrymningsväg. De fyller en viktig funktion i att leda folk rätt under svåra förhållanden, och skall utformas enligt arbetarskyddsstyrelsens föreskrifter med belyst eller genomlyst grön skiva med vit tydlig symbol. Skyltarna har även ett krav på sig att upprätthålla sin funktion vid strömavbrott under minst 60 minuter. Detta löses antingen med individuell batteribackup, eller via brandklassad kabel till central UPS enhet. I AF-borgen finns sådana skyltar utplacerade vid samtliga viktiga utrymningsvägar.



Figur 4, bild på skylt i AF-borgen

7.4 Nödbelysning

7.4.1 Allmänt

Om strömavbrott inträffar i AF-borgen finns det nödbelysning i trapphuset 143 med funktionskrav på 60 minuter. Det är dock enbart i detta trapphus samt i anslutning till toaletterna i tornet på plan 1,5 som AF-borgens nödbelysning finns inlagt på ritningar. Nödbelysning förekommer på fler ställen i byggnaden, men ritningsunderlaget är i dagsläget under bearbetning.

7.5 Räddningstjänstens tillgänglighet

Räddningstjänsten bedömer tillgängligheten som god, då de har flera olika vägar att välja mellan för att nå byggnaden. Parken runt huset medger åtkomst med stegbil från alla håll, och marken är tillräckligt fast för att kunna resa stegen. Förhoppningen är att räddningstjänsten ej skall behöva vara behjälpliga med utrymning, utan att folk ska klara detta på egen hand innan deras ankomst. Inom tio minuter kan de dock vara på plats för att påbörja en insats. Vattentillgången är tryggad genom det kommunala brandpostnätet. Någon insatsplan finns inte för objektet, utan inträngningsväg och taktik vid en eventuell insats bestäms utifrån rådande förhållanden.

7.6 Tänkbara problem / Kritiska platser

Vid analys av ett valt scenario vid en given plats kan man inte helt bortse ifrån övriga delar av byggnaden. Då utrymningslarmet utlöses i hela byggnaden betyder detta att vi kan få ett tillskott av utrymnande människor vid vissa utgångar som man vid en första tanke inte tagit med i

beräkningen. I en stor byggnad som AF-borgen, där mycket folk är i rörelse, och där majoriteten av dem med största sannolikhet använder sig av huvudentrén, kan man räkna med att den största mängden också vid ett eventuellt tillbud, kommer att röra sig mot denna.

I vårt objekt kan många aktiviteter förekomma samtidigt vilket man på ett eller annat sätt bör ha i åtanke. Tegnérns verksamhet bedrivs både under lunch- och kvällstid. Vid nattklubbverksamhet kan man rimligtvis anta att resterande del av byggnaden i stort sett är folktom, i och med tiden på dygnet. Vid middagstid kan det dock utöver lunchverksamheten också till exempel pågå caféverksamhet, föreställning på Stora scen och repetition i konsertsalen. Möjligheten att till exempel festvåningen är uthyrd för en privat tillställning bör likaså beaktas.

Vad vi kan konstatera med detta resonemang är att huvudentrén är en känslig knutpunkt med avseende på utrymning. Vad händer om utgången ifråga slås ut? Det vill säga inte kan utnyttjas på grund av förhållandena vid platsen är kritiska till dess karaktär. Hur påverkar detta situationen för utrymning i det stora hela? Uppstår det problem för räddningstjänsten då deras inträngningsväg är de utrymmande människornas utrymningsväg. Finns det tillräckligt med alternativa utrymningsvägar så att situationen på ett tillfredställande sätt kan klaras av? Några av dessa frågor kommer vi genom olika datorsimuleringar att försöka reda ut.

Vad som kan innebära svårigheter vid den här typen av simuleringar är att hitta en rimlig beskrivning av den aktuella omgivningen, till exempel utrymmets placering av möbler och annan inredning. Av erfarenhet vet vi att denna kan variera kraftigt, dels beroende av utrymmets användningsområde för stunden, dels beroende av karaktär på de personer som använder lokalen. Vi vet också att tänkta utrymningsvägar ibland, mer eller mindre tillfälligt, kan vara blockerade i en viss omfattning. För att se hur faktorer som dessa påverkar utrymningen i stort, kan flera likartade scenarier simuleras med den skillnaden att man ändrar en eller ett par parametrar åt gången. På detta sätt kan vi undersöka hur resultatet varierar och i och med det, hur situationen påverkas i stort. Vi utför på detta sätt en så kallad känslighetsanalys.

Något som i hög grad påverkar möjligheterna att på ett tillfredställande sätt genomföra en utrymning är huruvida utrymningsvägar ifrån olika utrymmen interfererar med varandra. Vid planering och beslutande av hur utrymningsvägar ifrån olika lokaler skall löpa, finns risken att man enbart fokuserar på personerna i den aktuella lokalen. I flera fall kan det hända att dörrar som öppnas åt ett visst håll, helt eller delvis, kan blockera andra lokalers vägar ut till säkerhet. Detta är ytterligare en faktor som man behöver ta hänsyn till, både i verkligheten och vid simulering.

8. Dimensionerande brand

8.1 Allmänt

Som tidigare nämnts behöver vi ta fram en dimensionerande brandeffekt för att kunna simulera våra scenarier i datorprogrammet CFAST. Den valda brandeffekten utgör till stor del grunden för resultatet av simuleringen och måste därför väljas med omsorg. Med brandeffekt menas här tillväxthastighet, maximal effektutveckling samt en eventuell avtagande fas. Faktorer som påverkar effekten i fråga är bland annat mängden brännbart material i brandrummet och karaktären på detta. Även avstånden mellan de olika materialen och dess inbördes placering i förhållande till varandra har stor betydelse. Vidare måste också hänsyn tas till om branden kommer att vara bränsle- eller ventilationskontrollerad. Detta kan man i viss mån låta CFAST utföra då utrymmets öppningar och läckage kan uppskattas. Det sätt som är vanligast för att hitta sin dimensionerande brandeffekt är att titta på experimentellt uppmätta effektkurvor ifrån fullskaliga alternativt laboratorieskaliga försök. Problemet med denna metod är att det i många fall endast finns en begränsad mängd experimentell data för en begränsad mängd material. Man måste även beakta karaktären på hur de olika försöken har utförts då resultaten av dessa inte alla gånger kan jämföras med sitt tänkta scenario.

8.2 Stora salen



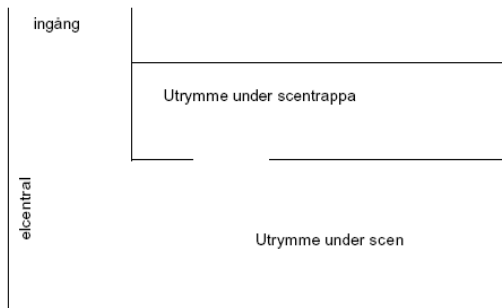
Figur 5, föreställning i Stora salen



Figur 6, Stora salen samt tillhörande scen

8.2.1 Uppkomst av brand

Den mest troliga platsen för branduppkomst anser vi vara utrymmet under scenen där el-central samt förvaringsutrymme för rekvisita och belysning finns. Rummet har en utformning som kan liknas vid ett räbblock, och har en avgränsning i form av en längsgående vägg, se figur nedan.



Figur 7, skiss över el-centralutrymmet



Figur 8, bild från el-centralutrymmet

Det finns ett flertal tänkbara tändkällor i vårt valda brandrum till exempel el-centralen, varma scenlampor, papperskorg, gamla eluttag och lysarmatur. Genomföringar till angränsande utrymmen har i många fall observerats ha obefintlig isolering och tätning. Brandgasspridning till scenutrymmet och Stora salen kan därmed antas ske relativt obehindrat.

8.2.2 Brandeffekt

För att beräkna den dimensionerade branden och hur stor effektutveckling som kan uppnås har vissa förenklingar och uppskattningar gjorts. För scenariot vid *Stora salen*, då mycket av det material som kan tänkas brinna inte kan verifieras av experimentell data, har vi valt att försöka jämföra detta med material av liknande karaktär. I utrymmet där vår tänkta brand startar finns mycket trämaterial i form av möbler, inredning, ytskikt samt bjälklag. Detta har vi försökt jämföra med lastpallar av trä då det finns mycket information om hur dessa brinner. Hänsyn tas till mängden material samt förhållandet mellan denna mängd och andelen luft i konstruktionen. För en del av materialen finns det bättre information att hämta ifrån försök varpå dessa nyttjats. I nämnda fall har vi valt en form av medeleffekt utifrån hur effektkurvan sett ut och anpassat denna genom olika typer av resonemang för att få en så verklighetstrogen anpassning till vårt tänkta scenario som möjligt. Val av tillväxthastighet har gjorts med hjälp av SFPE handbook⁵ och EFD⁶. Vi har tittat på de ingående materialens respektive tillväxtsfaktorer och viktat dessa till en typ av medelvärde eller mest förekommande tillväxtfaktor. Utifrån denna har vi sedan diskuterat vad

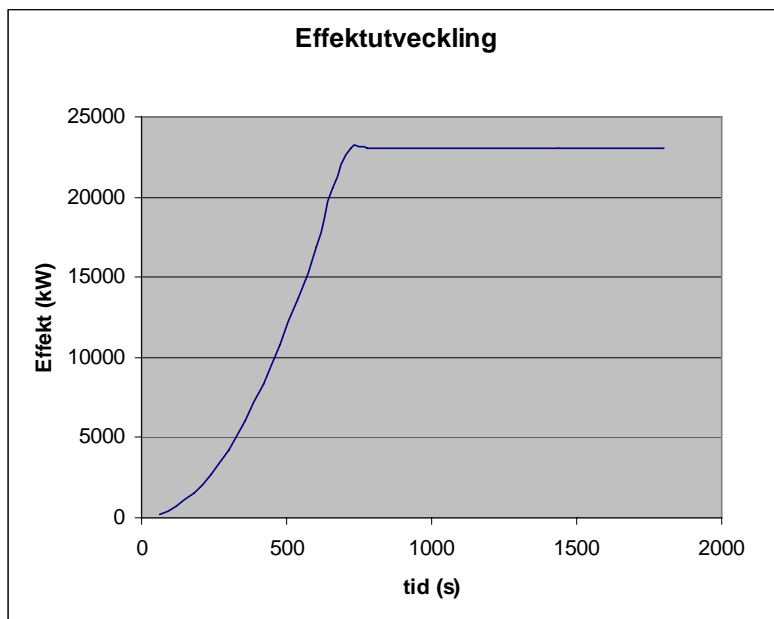
⁵ SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 2nd ed., National Fire Protection Association, Quincy, MA, 1995.

⁶ Karlsson, B., Quintiere, J. G. (2000), *Enclosure Fire Dynamics*, CRC Press: Boca Raton.

som är mer troligt och vad som är mindre troligt. Då vi har mycket trä som bränsle har vi på detta sätt valt att utesluta tillväxthastigheterna *slow* och *ultrafast*. Vi väljer därmed att för den dimensionerande branden använda tillväxthastigheten *medium* och göra en känslighetsanalys med tillväxthastigheten *fast*. För värden gällande tillväxthastighet se nedanstående tabell, figur 5. Det finns även en mängd annat material i utrymmet såsom skynken, draperier, presenningar, papperskorg, kartonger med mera. Detaljer för vald brandeffekt presenteras i bilaga 6 där vi kommer fram till resultatet 24 MW. Det här är totalsumman såvida allt brännbart material skulle brinna samtidigt. Det totala energiinnehållet i rummet är så pass stort att vi kan förvänta oss att branden kommer fortgå under längre tid än tiden till då kritiska förhållanden kommer att uppstå. Detta baseras på att en stor del av det brännbara materialet är trä och att vi av erfarenhet vet att dess avbrinningshastighet är relativt konstant, omkring 0,6 mm/min. Då branden endast skulle begränsas av den mängd brännbart material som finns erhålls nedanstående effektutveckling som funktion av tiden.

Tillväxthastighet	Tillväxtfaktor [kW/s^2]
Slow	0,003
Medium	0,012
Fast	0,047
Ultrafast	0,19

Figur 9, beskrivning av tillväxthastigheter



Figur 10, dimensionerad effektutveckling

Med tanke på geometri av brandrummet och de öppningar som kan tillföra syre till branden anser vi att branden kommer bli ventilationskontrollerad. Det medför att den högsta effektutvecklingen inte kommer att uppgå till den nivå som visas i diagrammet. För att få en uppfattning om hur stor effektutvecklingen kommer att vara, och hur ventilationsförhållandena kommer att påverka, tar vi hjälp av datormodellering i CFAST.

8.3 Tegnér's

8.3.1 Uppkomst av brand

På nattklubb Tegnér's finns två garderobsutrymmen, ett i tornrummet på första våningen, samt ett en våning ner, rakt under. När nattklubben har tagit in maximalt antal tillåtna personer används båda garderobsutrymmena, och cirka hälften av jackorna placeras i respektive garderob. För vår dimensionerande brand antar vi att jackorna av någon anledning antänds i garderoben. Vi bedömer sannolikheten att båda garderobsutrymmena sätts i brand samtidigt som obefintlig, samt att de värsta konsekvenserna fås om den översta av de två garderoberna drabbas. Vi uppskattar att 400 jackor i övre tornrummets garderob kan tänkas brinna. Detta bedöms, åtminstone vintertid, vara rimligt, då lokalen rymmer 750 personer.

I rummet finns två fönsterrutor, varav en är igenbommad, samt sex dörrar. Rummet är runt med en diameter på 6,7 meter och en takhöjd på 2,4 meter. Det finns inte några raka väggar i utrymmet. Volymen beräknas till ungefär 85 m³. Vid vårt tänkta brandscenario finner vi det troligt att endast två av dörrarna samt ena fönsteröppningen bidrar till luftinförseln till branden. Detta ger en total öppningsarea på 7 m². En brand här inne kommer med all säkerhet att påverka intilliggande restaurang/dansgolv. Huvudentrén kommer sannolikt att bli helt eller delvis obrukbar på grund av de varma brandgaserna. Tänkbara brandorsaker kan vara kvarglömd cigarettfimp i jackficka, exploderande mobiltelefonbatteri eller i värsta fall en anlagd brand.

8.3.2 Brandeffekt

För uppskattning av brandeffekten och dess tillväxthastighet vid den här typen av brand har vi valt att titta närmre på studier av liknande scenarier och genom resonemang anpassa dessa till vårt tänkta scenario. Vidare har vi tagit hänsyn till storlek på öppningar till utrymmet för att se om branden kan tänkas bli ventilationskontrollerad eller inte.

Ur rapporten *Scenariotänkande vid brandsyn i samlingslokaler*⁷ kan man läsa ut att en brand bestående av 100 jackor har en tillväxtfaktor som motsvarar en *medium* eller *fast at*² tillväxt och utvecklar en effekt på omkring 3 MW.

Handberäkningar, se bilaga 7, ger en maximal effektutveckling för en ventilationskontrollerad brand i garderobsutrymmet på cirka 13 MW.

Då vår rapport lägger stor vikt vid utrymningssimuleringar anser vi det vara ett konservativt antagande att räkna med en kraftig effektutveckling. Vi antar ett ventilationskontrollerat brandförlopp. Därför ansätts 13 MW som den maximalt avgivna effekt vår dimensionerande garderobsbrand kommer att uppnå, samt ansätter denna dimensionerande brand med *fast at*² tillväxt ($\alpha = 0,047 \text{ kW/s}^2$).

Snittvikten på en jacka uppskattas till 0,75 kg. 400 jackor med en snittvikt på 0,75 kg (totalvikt 300 kg) ger med $\Delta H_{\text{eff kläder}} = 21 \text{ MJ/kg}$ ett maximalt energiinnehåll på 6,3 GJ.

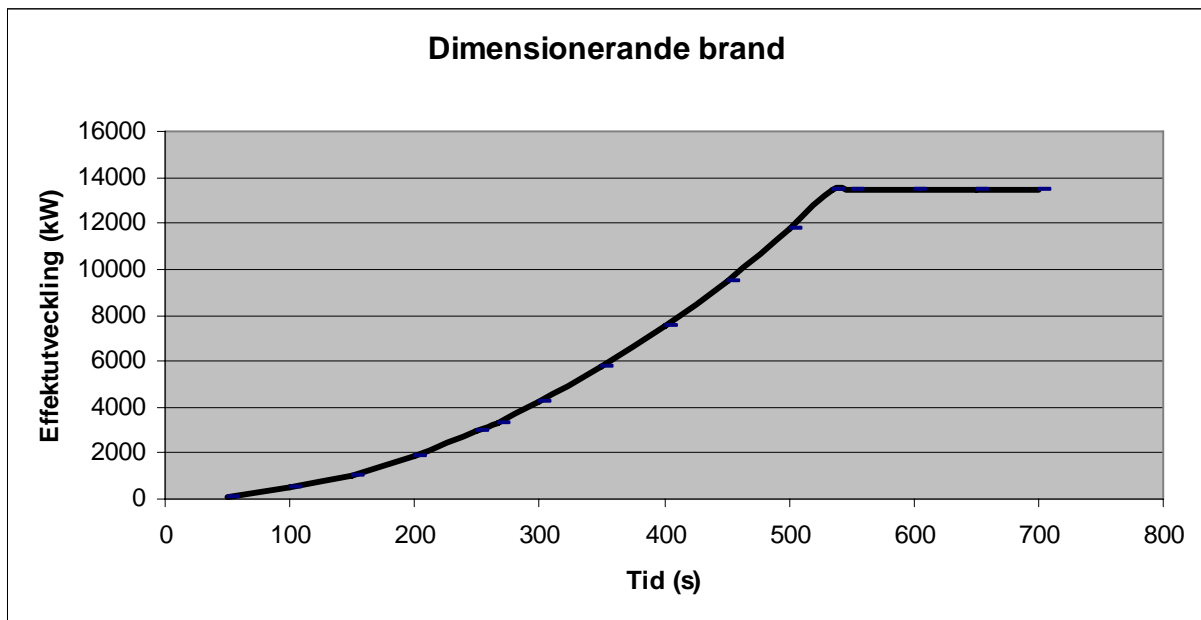
⁷ Abrahamsson, M (1997) *Scenariotänkande vid brandsyn i samlingslokaler*, Brandteknik - LTH: Lund

En stor osäkerhet ligger i vår uppskattning av medelvikten på jackorna.

Det värde på $\Delta H_{\text{eff kläder}}$ som använts baseras på försök⁸ gjorda med en *ultrafast* α^2 tillväxt. Vår dimensionerande brand har visserligen *fast* α^2 tillväxt. Med hänsyn till att materialet i kläderna varierar från gång till gång i garderoben bedömer vi dock att detta värde fungerar acceptabelt för kläder, oavsett brandens tillväxthastighet.

Med hjälp av handberäkningar uppskattas den totala brinntiden till ungefär 14 minuter. I verkligheten kommer bord, dörrar och annan inredning i lokalen bidra till ett längre brandförlopp men knappast påverka effekten. Detta behandlas ej vidare här, då de kritiska förhållandena för utrymning redan kan antas ha uppstått.

I diagram nedan redovisas effektutvecklingen som funktion av tiden för vår dimensionerande garderobsbrand (fast).



Figur 11, Dimensionerande brand för garderobsbrandsscenarioet

Samtidigt är det som känslighetsanalys intressant att jämföra hur scenariot påverkas av ett *ultrafast* α^2 tillväxtförlopp ($\alpha = 0.19 \text{ kW/s}^2$). En så pass kraftig tillväxt är fullt möjlig och motiveras med ovan nämnda försök med $\Delta H_{\text{eff kläder}} = 21 \text{ MJ/kg}$, vilket som sagt beskriver ett *ultrafast* tillväxtförlopp. En maximal effekt på 4,1 MW uppnåddes här.

⁸ Johansson B (2004) *Analys av utrymningssäkerheten vid brand hos nattklubben Underbar i Skellefteå, Rapport 5135*, Brandteknik - LTH: Lund

9. Tillvägagångssätt

9.1 Utrymningssimulering

För att ta fram utrymningstider för de fall vi valt att studera utför vi tre simuleringar per valt scenario. Av dessa tre väljer vi ett fall där vi för varje utrymme som vi antar ha samtidig verksamhet, räknar med det maximala antalet tillåtna personer som får vistas där samtidigt. Detta utgör vårt värsta tänkbara scenario, engelskans; *worst credible case*. Vår andra simulering utgör det mest troliga fallet och här antar vi genom uppgifter från personal och resonemang ett mer rimligt antal personer för respektive utrymme. Vårt tredje fall är en typ av känslighetsanalys där vi utför samma simulering som för vårt mest troliga fall men med skillnaden att vi efter en kort stund blockerar en eller flera utrymningsvägar som ligger i närheten av den plats där vår tänkta brand är belägen. Hur påverkar detta tiden för utrymning? Och hur stor skillnad i tid är det mellan det värsta fallet och det mest troliga? För de flesta scenarier har vi bestämt att ungefär två tredjedelar av människorna söker sig till den ingång de kom in genom, vilket i de flesta fall motsvarar huvudentrén. Resterande tredjedel delas upp mellan övriga nödutgångar. Detta antagande baseras på verkliga undersökningar⁹ genomförda på IKEA-varuhus. Där visade det sig att majoriteten av de utrymmande människorna passerade förbi närliggande utrymningsvägar, och istället valde att utrymma genom känd väg antingen ifrån den väg de kom in eller genom kassorna.

Den utrymningstid som vi genom simuleringarna får fram är den faktiska utrymningstiden. Värt att notera är det som tidigare nämnts vid beskrivning av byggnadens larmsystem. Utöver tiden för detektion kan vi i sämsta fall behöva addera ytterliggare sju minuter till den faktiska utrymningstiden. Detta på grund av att vi jämför den totala utrymningstiden med den tid det tar för berörda utrymmen att uppnå kritiska förhållanden, och denna refererar till då branden startar.

9.2 Rökfyllnadsmodellering

På grund av att vi baserar valet av den dimensionerande brandeffekten med hjälp av ett antal förenklingar och antaganden samt att storlek på öppningar och läckage kan variera ifrån fall till fall, väljer vi att utföra en känslighetsanalys. Vad händer om branden tillväxer fortare än vi tänkt? Vad händer om den maximala effekten blir större än den först tänkta? Denna typ av resonemang får oss att välja, att för varje scenario utföra fyra alternativa simuleringar. Vi utgår ifrån vår dimensionerande brandeffekt vilken vi sedan ökar med avseende på maximal effekt samt tillväxthastighet. Viss variation i tillvägagångssättet mellan våra olika scenarier kan förekomma då förutsättningarna för de båda fallen är av olika karaktär.

⁹ Nilsson, D. (2005) *Föreläsningsmaterial, människors beteende vid brand*. Brandteknik - LTH: Lund

10. Förutsättningar och resultat för utrymningssimulering

10.1 Stora salen

Vi väljer att modellera tre olika fall där vi ändrar förutsättningar med avseende på antal personer och möjliga utrymningsvägar. Vi tar i viss mån hänsyn till människors olika reaktionstider. Som vi nämnt tidigare kan till exempel scenrök fördröja reaktionen för besökande gäster vid stora scenen. De faktiska reaktionstider som vi valt anser vi dock inte påverka utrymningen i stort i och med att antalet människor för samtliga scenarier är så pass stort att faktorer såsom till exempel köbildning vid trånga passager rimligtvis har betydligt större inverkan. I vårt fall, med tanke på larmsystemets utformning, kan även tiden för detektion påverka den totala utrymningstiden avsevärt mer än tiden för reaktion. På grund av detta ägnar vi inte någon större tid till att mer ingående välja reaktionstider för byggnadens besökare.

I våra simuleringar väljer vi att definiera människors reaktionstid till 15 sekunder förutom de människor som befinner sig i Stora salen som reagerar efter 30 sekunder. För att få en så rimlig och verklighetstrogen utrymning som möjligt definierar vi vart människor ska gå, detta för att undvika problem som programmets begränsningar bidrar till. Som nämnts tidigare väljer vi att ungefär 2/3 utrymmer mot huvudentrén, resterande människor fördelar vi relativt jämt på övriga utgångar. En viss reflektion om nödutgångens synlighet och tillgänglighet har dock tagits med i åtanke.

Nedan följer en kort beskrivning av allmänna förutsättningar och resultat för respektive simulering. För mer detaljer kring förutsättningarna se bilaga 8. Nedan redovisade tider är det resultat som programmet producerar. Med de osäkerheter och begränsningar som förekommer i våra antaganden och i datorprogrammet är detta inte på något sätt faktiska och exakta utrymningstider utan skall ses som en grov uppskattning.

10.1.1 Fall 1, maxantal

Som utgångspunkt för simuleringen antar vi att en sen föreställning i Stora salen pågår och utifrån tidpunkt på dygnet väljer vi en rimlig samtidig verksamhet för resterande del av byggnaden. I vårt första fall väljer vi att simulera en utrymning ifrån byggnaden då de utrymmer som har samtidig verksamhet innehåller det för dem maximala antal tillåtna människor. Vi antar att Café Athen fortfarande är öppet och att även festvåningen på andra planet är uthyrd till en privat tillställning. Då Tegnér's nattklubb inte öppnar förrän senare på kvällen har vi valt att utelämna det utrymnet.

Enligt resonemang ovan har vi följande förutsättningar för vår första simulering.

- Café Athén 700 personer
- Stora salen 950 personer (inklusive 95 balkongplatser på våning 3)
- Sångsal 75 personer
- Festvåningen 300 personer

Resultat Fall 1, maxantal

- Antal personer i Stora salen: 950
- Tid för utrymning av Stora salen: 8 minuter
- Tid för utrymning av läktaren på våning 3: 1 minut och 8 sekunder
- Totalt antal personer: 2033
- Tid för utrymning av AF-borgen: 10 minuter och 26 sekunder

10.1.2 Fall 2, troligt antal människor

För det här fallet gäller samma förutsättning som för simuleringen ovan, dock med förändringar i personantal i respektive lokal. En mer rimlig nivå på antalet besökande har valts genom resonemang och uppgifter om användandet av de olika lokalerna. Dessutom har vi kompletterat med ett antal utrymmande människor från de övre planen.

Förutsättningar för vår andra simulering

- Café Athén 306 personer
- Konsertsalen 10 personer
- Stora salen 700 personer (inklusive 95 balkongplatser på våning 3)
- Festvåning 150 personer
- Sångsal 20 personer
- Tegnér's 10 personer
- Övrigt 20 personer

Resultat Fall 2, troligt antal människor

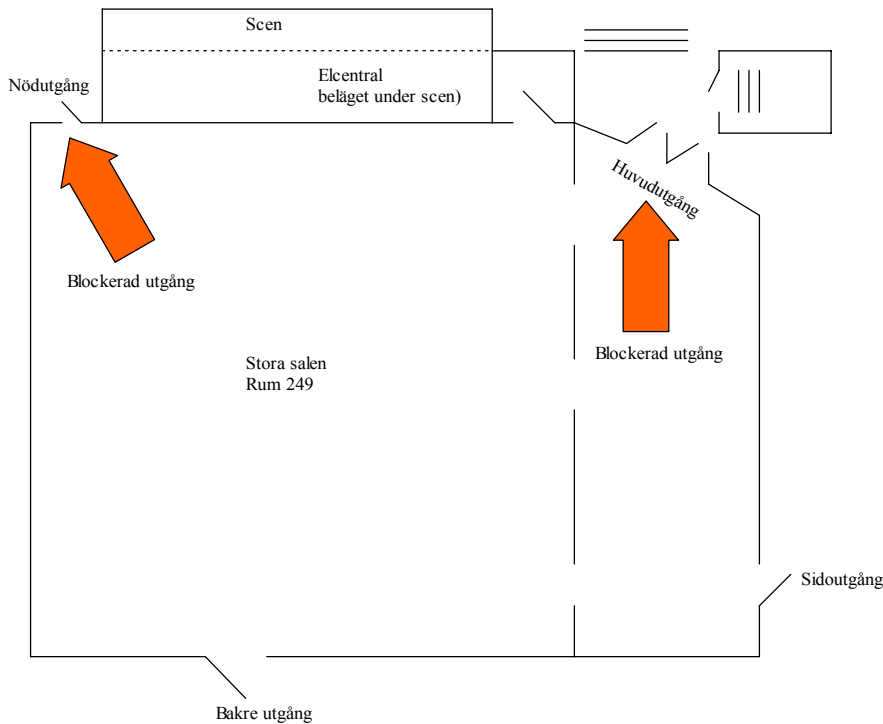
- Antal personer i Stora salen: 700
- Tid för utrymning av Stora salen: 4 minuter och 20 sekunder
- Tid för utrymning av läktaren på våning 3: 1 minut och 3 sekunder
- Totalt antal personer: 1208
- Tid för utrymning av AF-borgen: 6 minuter 29 sekunder

10.1.3 Fall 3, troligt antal människor med blockering av utrymningsväg

Den här simuleringen bygger på föregående fall med avseende på antal människor men med en känslighetsanalys där vi vill undersöka vad som kan hända med utrymningstiden om de två utrymningsvägarna närmst branden blockeras.

Förutsättningar för vår tredje simulering

- Café Athén 306 personer
- Konsertsalen 10 personer
- Stora salen 700 personer (inklusive 95 balkongplatser på våning 3)
- Festvåning 150 personer
- Sångsal 20 personer
- Tegnér's 10 personer
- Övrigt 20 personer



Figur 12, blockerade utgångar i simulering

Resultat Fall 3, troligt antal människor med blockering av utrymningsväg

- Antal personer i Stora salen: 700
- Tid för utrymning av Stora salen: 6 minuter och 30 sekunder
- Tid för utrymning av läktaren på våning 3: 1 minut och 3 sekunder
- Totalt antal personer: 1208
- Tid för utrymning av AF-borgen: 10 minuter 40 sekunder

10.2 Tegnér's

För våra scenarier i Tegnér's har vi valt att utföra fyra olika simuleringar. Gemensamt för scenarierna är att branden är lokaliserad på samma plats. Vi har sedan varierat antalet besökare och deras placering i byggnaden. Som känslighetsanalys har vi även valt att genomföra fall där vi blockerar de utrymningsvägar som kan tänkas slås ut av branden.

För de båda fallen där samtliga utrymningsvägar fungerar söker sig två tredjedelar av folket tillbaka till den ingång de kom in genom. Resterande tredjedel delas upp mellan övriga nödutgångar. I resterande två fall där huvudingången slagits ut på grund av värmestrålning och brandgaser har vi valt att dela upp dessa personer över resterande nödutgångar.

Inne på Tegnér's väljer vi en reaktionstid på 30 sekunder +/- 15 sekunder. I simuleringen betyder det att Tegnér's gäster har slumpvis mellan 15 och 45 sekunder på sig att fatta beslut om hur de ska utrymma, efter att de varseblivits om faran. Varseblivningstiden tas ej med i simuleringen, då vi väljer att i efterhand kontrollera hur stor tidsmarginal som blir över för detta. Personalen på plats ges en reaktionstid på 100 sekunder då vi gjort antagandet att vissa arbetsuppgifter kommer att avslutas innan de påbörjar en utrymning. För människorna på plan två och tre har samma reaktionstid valts som vid tidigare scenarier i Stora salen.

Nedan följer en kort beskrivning av förutsättningar för respektive simulering. För mer detaljer kring förutsättningar samt modifiering av befintliga ritningar, se bilaga 9.

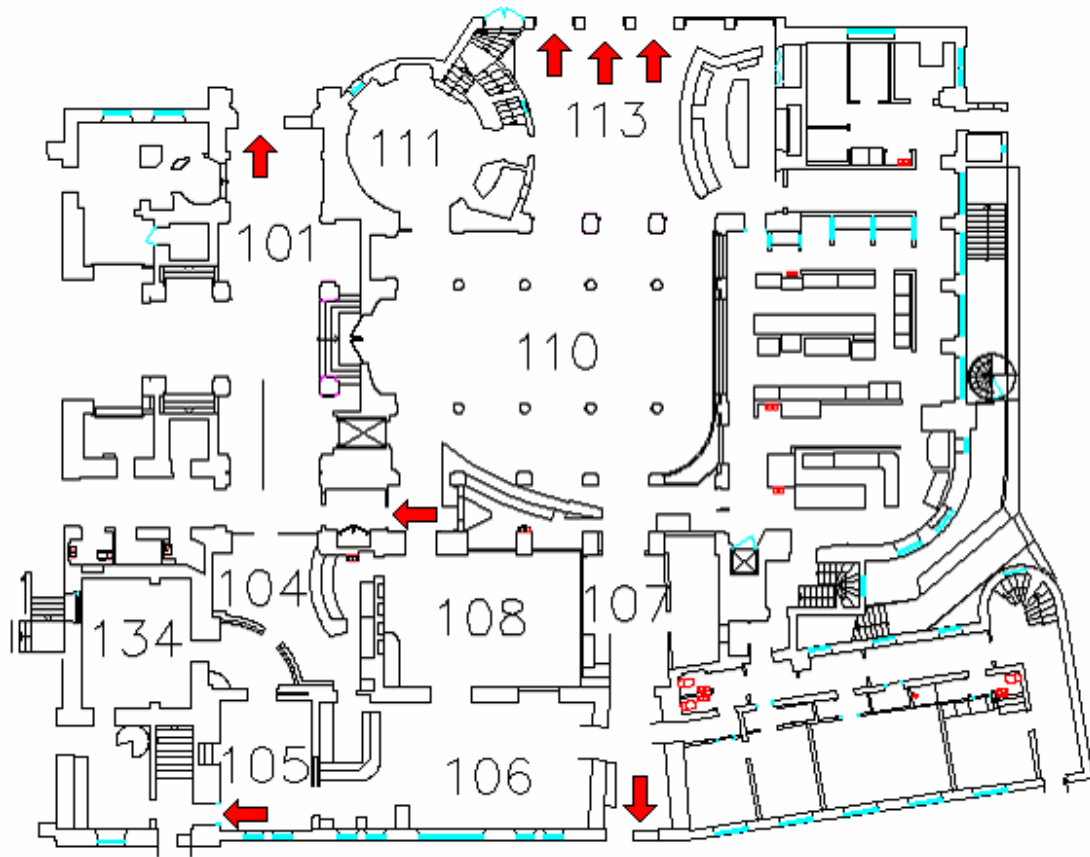
10.2.1 Fall 1, maxantal

Scenariot utspelar sig på kvällstid och samtliga befolkade lokaler i byggnaden innehåller maximalt antal tillåtna personer. Nya Fest och Lilla Salen är uthyrda för en privat fest med 300 personer. Tegnér's nattklubb har släppt in totalt 750 personer. Brand utbryter i Tegnér's garderob.

- Tegnér's nattklubb 750 personer
- Nya Fest och Lilla Salen 300 personer

Resultat Fall 1, maxantal

- Antal personer i Tegnér's: 750
- Tid för utrymning av Tegnér's: 3 minuter och 20 sekunder



Figur 13, befintliga utrymningsvägar i Tegnér's nattklubb.

10.2.2 Fall 2, troligt antal människor

Detta scenario utspelar sig, precis som scenario 1, på kvällstid med skillnaden att de befolkade lokalerna innehåller ett, enligt personalen representativt antal personer för en normal kväll. Nya Fest och Lilla Salen är fortfarande uthyrda för en privat fest, men nu med 100 personer. Tegnér's nattklubb har släppt in 600 personer. Dessutom befinner sig 50 personer på olika platser i AF-borgen. Brand utbryter i Tegnér's garderob.

- Tegnér's nattklubb 600 personer
- Nya Fest och Lilla Salen 100 personer
- Övrigt folk utspridda i AF-borgen 50 personer

Resultat Fall 2, troligt antal människor

- Antal personer i Tegnér's: 600
- Tid för utrymning av Tegnér's: 2 minuter och 51 sekunder

10.2.3 Fall 3, troligt antal människor med blockering av utrymningsväg.

För detta scenario gäller att huvudingången till Tegnér's nattklubb helt är obrukbar på grund av brandgaser och värmestrålning från brandrummet. Detta innebär en hårdare belastning på de övriga befintliga utrymningsvägarna. Framförallt nödutgången i korridor 107, vilken vi anser vara den lättast identifierbara utrymningsvägen näst efter huvudingången.

I övrigt är scenariot identiskt med scenario 2, förutom att personerna som befinner sig i gökrummet (rum 134) nu väljer utrymningsvägen i rum 105 istället för huvudentrén. Denna ändring gör vi för att de annars kolliderar med folk i motsatt riktning vilket programmet har svårt att klara av.

- Tegnér's nattklubb 600 personer (inklusive 10 personer i gökrummet)
- Nya Fest och Lilla Salen 100 personer
- Övrigt folk utspridda i AF-borgen 50 personer

Resultat Fall 3, troligt antal människor med blockering av utrymningsväg

- Antal personer i Tegnér's: 600
- Tid för utrymning av Tegnér's: 3 minuter och 39 sekunder

10.2.4 Fall 4, maxantal med blockering av utrymningsväg

Det värsta scenariot som kan tänkas inträffa är när huvudingången till Tegnér's helt och hållet slås ut av brandgaser och värmestrålning från brandrummet samtidigt som lokalen innehåller maximalt antal tillåtna personer, det vill säga 750 personer. Vi väljer att utföra ytterligare en simulering där detta fall undersöks. I övrigt är scenariot i princip identiskt med fall 1.

- Tegnér's nattklubb 750 personer
- Nya Fest och Lilla Salen 300 personer

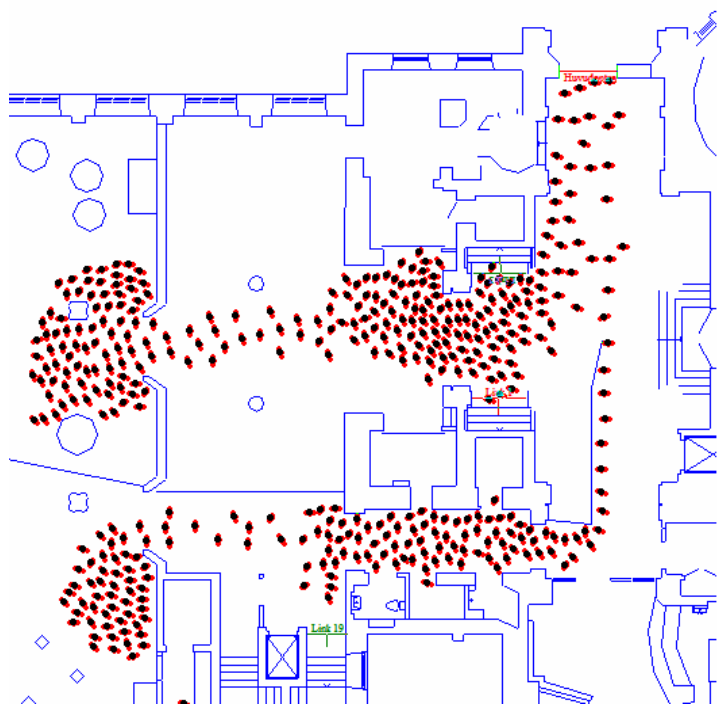
Resultat Fall 4, maxantal med blockering av utrymningsväg

- Antal personer i Tegnér's: 750
- Tid för utrymning av Tegnér's: 4 minuter och 17 sekunder

10.3 Kommentar till resultat för utrymningssimulering

10.3.1 Stora salen

Genom visuell observation av simuleringarna och reflektion över resultaten kan vi dra vissa slutsatser. Vad vi kan konstatera är att det som tidigare antagits om kritiska platser stämmer. Det uppstår köbildning vilket påverkar utrymningen i stort. Foajén på plan 1 är i allra högsta grad, trots den väl tilltagna storleken på huvudtrapporna, en sådan plats. Den här delen av byggnaden är gemensam för många utrymningsvägar vilket resulterar i oundviklig köbildning även på anslutande platser till foajén. Som följd av köbildning här bromsas hela utrymningen upp, även på andra plan. Tiden för total utrymning av AF-borgen bör beaktas med tanke på det antal människor som befinner sig på väg ut från foajén kan hindra räddningstjänsten då det är deras inträngningsväg.



Figur 14, utrymmande människor i foajén

10.3.2 Tegnér's

Generellt uppstår trängsel vid utgångarna en minut efter påbörjad utrymningssimulering i de olika scenarierna. Figur 11 visar var den värsta trängseln uppstår i det scenario då huvudingången är blockerad. Utrymningen går förhållandevis snabbt. Oavsett om man blockerar huvudingången eller inte, så tar det ungefär fyra och en halv minut att utrymma alla gäster ur Tegnér's från och med utrymningens start. Denna tid innefattar dock inte tiden för detektion och reaktion. Utrymningen av nattklubben påverkas inte nämnvärt av utrymning ifrån övriga delar av byggnaden.



Figur 15, utrymmande människor från Tegnér's

11. Förutsättningar och resultat för rökfyllnadsmodellering

11.1 Stora salen

Vi väljer att modellera fyra olika fall i vilka vi tar hänsyn till brandspridning, ökad effektutveckling och tillväxthastighet samt eventuellt fallerat aktivt system. Vid tidigare val av dimensionerad brandeffekt har ingen hänsyn tagits till ett eventuellt ventilationsberoende. Som vi nämnt tidigare kommer vi utnyttja programmet som hjälp för att se om ett ventilationsberoende kommer att inträffa eller ej. Vid inledande modellering i programmet, fall 1 nedan, får vi informationen att effekten i brandrummet kommer att stanna vid omkring 6 MW.

Vid ventilationskontrollerade bränder finns stora möjligheter till att en del av brandgaserna förbränns utanför brandrummet. Då el-centralen inte på något sätt är ett slutet rum utan har mycket öppningar och otäta genomföringar antar vi att denna typen av förbränning kommer att inträffa. Då detta sker är sannolikheten att material på scenen antänds mycket överhängande. För att ta hänsyn till detta, och se hur förutsättningarna för utrymning påverkas, väljer vi att i fall 2, placera en brand uppe på scenutrymmet. Av erfarenhet vet vi att scenrekvisita och annat tänkbart material är annorlunda ifrån föreställning till föreställning vilket bidrar till att vi väljer att utnyttja en standardbrand om 5 MW¹⁰.

Vi tar hänsyn till ökad tillväxthastighet och effektutveckling genom att genomföra en modellering då dessa parametrar ökas i förhållande till fall 2. Slutligen undersöker vi hur stor påverkan brandgasventilationen på scenen har genom att i vårt sista fall anta att denna ej fungerar. I de fall där vi placerar en brand på scenen tar vi hänsyn till att en del av förbränningen i el-centralen sker utanför brandrummet varvid vi sänker denna effekt något.

För att i våra tre inledande modelleringar ta hänsyn till den existerande brandgasventilationen utförs upprepade simuleringar utifrån vilka vi uppskattar aktiveringstiden för luckan. Denna tid utnyttjas sedan i de efterföljande försök som blir de fall vars resultat vi kommer att använda oss av.

Vid modellering i CFAST tar vi ingen hänsyn till spridning av brandgaser eller eventuell tillförsel av luft via ventilationsanläggningen då det som tidigare nämnts finns brandspjäll mellan samtliga brandcellsgränser vilka utlöses relativt omgående när brandrök detekteras. Vi väljer också att inte ta hänsyn till den befintliga spaltsprinkler som finns utmed scenridån då denna inte antas påverka resultatet nämnvärt. Den effekt som kan uppnås är en viss dämpning av brandeffekten på scen. Utifrån detta antagande fås härmed ett konservativt resultat vilket alltid är att föredra vid värdering av personsäkerhet.

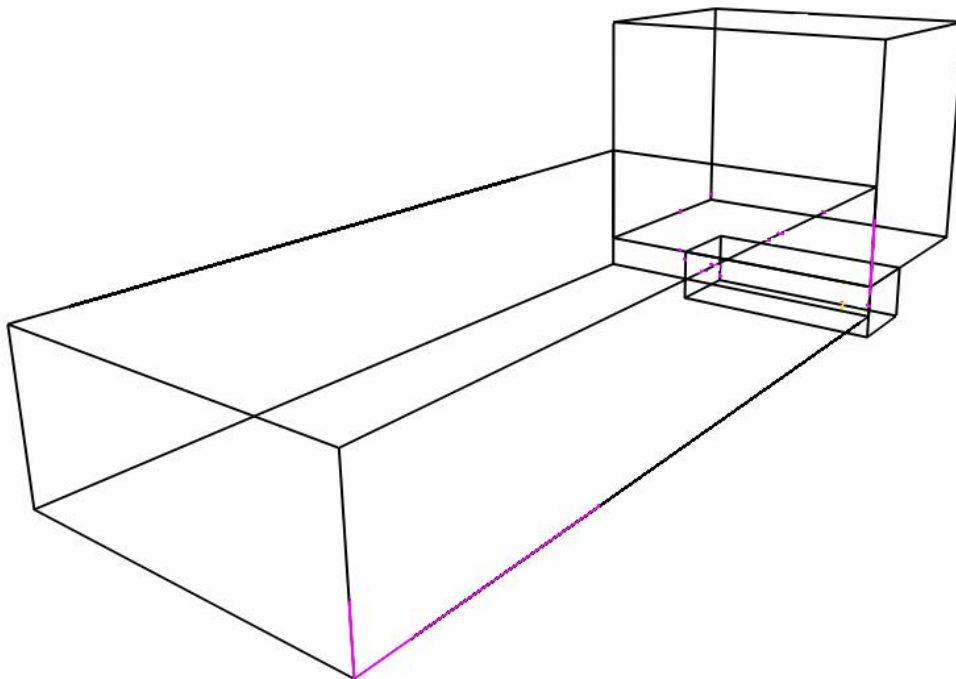
Utifrån de i bilaga 1 ställda kraven för kritiska förhållanden har vi följande riktlinjer att utgå ifrån. Temperatur där människor befinner sig bör inte överstiga 80°C. Långvarig strålningsintensiteten bör understiga 2,5 kW/m² samt höjden på brandgaslagret bör inte understiga 2,2 meter i Stora salen och ungefär 1,8 meter på dess läktare.

¹⁰ Gojkovic, D. (2005) *Föreläsningsmaterial Branddynamik*, Brandteknik, LTH: Lund.

Det resultat som är av intresse för oss är att se hur förhållandena i Stora salen och till viss del också scenutrymmet ser ut. Information om el-centralen utöver nedan, figur 13, redovisad effektutveckling anser vi inte vara av stor betydelse utan hänvisar för denna information till bilaga 11.

De luckor och otäta genomföringar där brandgaser kan spridas från brandrummet till övriga utrymmen består främst i luckor som utnyttjas av scenpersonal. Det totala läckaget mellan brandrummet och scenen uppskattas till ca 2m^2 . Utöver detta finns även otäta genomföringar mellan brandrummet och Stora salen som är uppskattade totalt till ca $0,5\text{m}^2$.

Nedan redovisas en sammanställning av höjd samt temperatur för det övre brandgaslagret som funktion av tiden. För Stora salen visas också den av programmet uppmätta strålningen mot golvet. I detta diagram finns tillika den strålningsintensitet som motsvarar kritiska förhållanden, visad som en referens. Efter diagrammen för respektive utrymme kommenteras resultatet och för Stora salen anges även tiden till då kritiska förhållanden inträffar. Åter igen är tiden som redovisas nedan endast den tid som programmet ger oss och ska inte anses vara den faktiska tiden för rökfylnad utan endast en uppskattning.



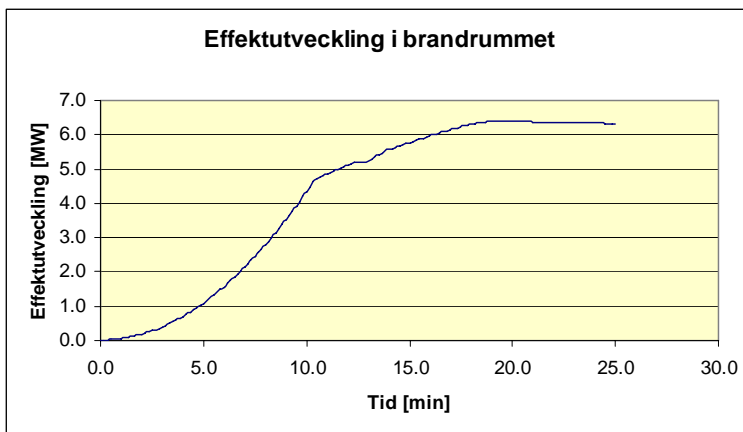
Figur 16, Geometri Stora salen

11.1.1 Fall 1, brand i el-central

Vår dimensionerande brand med 24 MW som maximal effektutveckling och medium tillväxthastighet startar i el-centralen. Ventilationsförhållandena bidrar till att endast en effekt på omkring 6 MW uppnås. Luckan i scenrummets tak som öppnas med detektering från en rökdetektor antas med ett konservativt värde öppna efter ungefär 240 sekunder.

Resultat Fall 1, brand i el-central

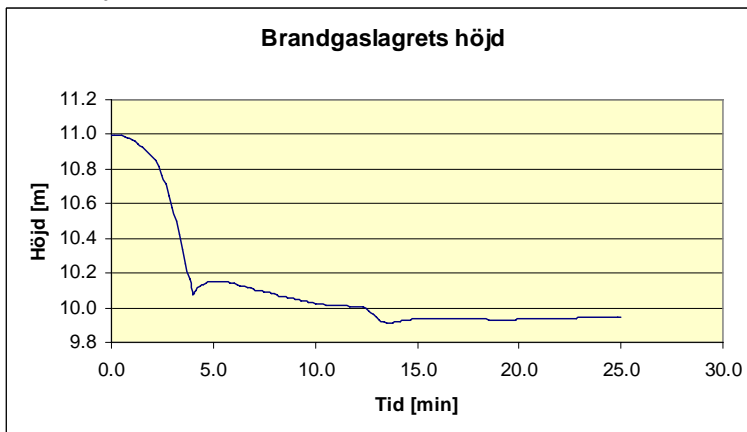
Brandrummet



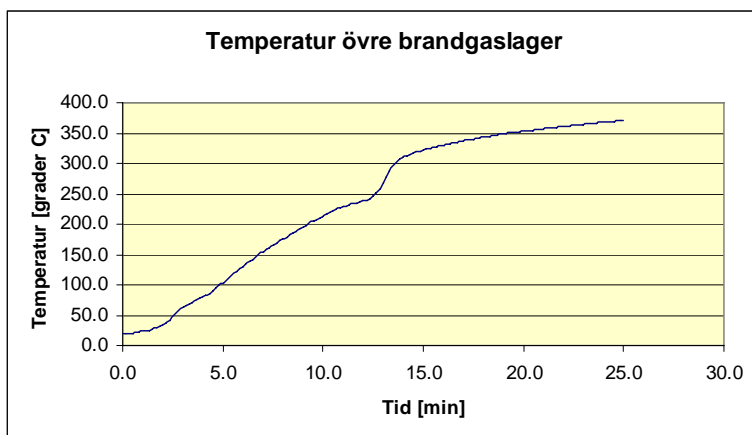
Figur 17, Effektutveckling i brandrummet

Branden i rummet blir som tidigare nämnts ventilationskontrollerad och tillgången på syre begränsar effektutvecklingen till drygt 6 MW.

Scenutrymmet



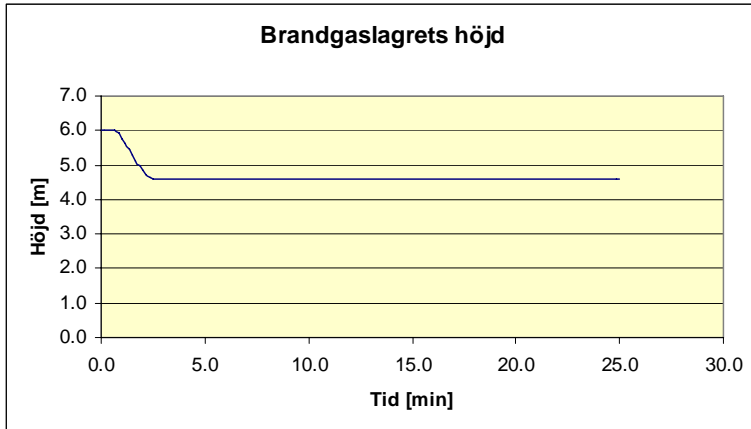
Figur 18, Brandgaslagrets höjd i scensalen



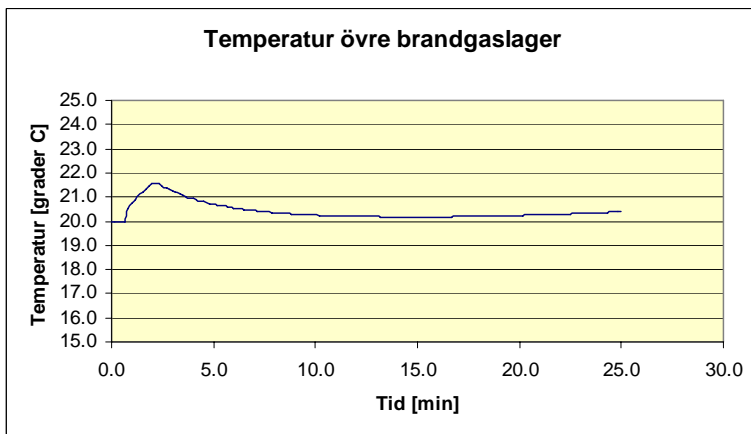
Figur 19, Temperatur i övre brandgaslagret i scensalen

Brandgaslagret sjunker relativt snabbt de första minuterna och då brandgasventilationsluckan öppnas ser vi att höjden stabiliseras. Detta kan förklaras av att massflödet av producerade gaser är lika stort som massflödet ut genom brandgasventilationsluckan. Man ser tydligt effekten av en fungerande brandgasventilation. Tjockleken på brandgaslagret blir som mest ungefär 1 meter. Vi får därmed inga brandgaser som flödar ifrån scenen ut mot Stora salen eftersom öppningen ifrån scenen börjar vid en betydligt lägre höjd.

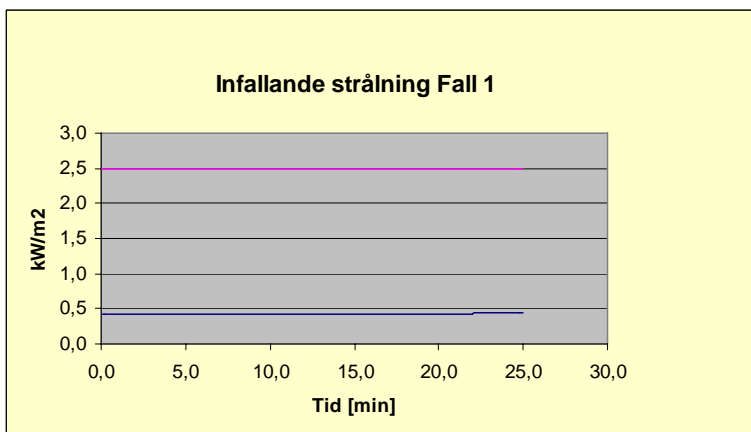
Stora salen



Figur 20, Brandgaslagrets höjd i Stora salen



Figur 21, Temperatur i övre brandgaslagret i Stora salen



Figur 22, Infallande strålning, Fall1

Vi ser att den mängd brandgaser som flödar ifrån brandrummet, direkt ut till Stora salen, bildar ett brandgaslager. Tjockleken antar efter drygt 2 minuter ett konstant värde på omkring 1 meter. Resultatet kan dock ifrågasättas då temperaturen visar ett mycket lågt värde. Frågan är om brandgaserna har tillräcklig stigningskraft. Detta kan resultera i ett fall där brandgaserna sprids relativt jämt och orsaka siktnedsättning redan vid en låg höjd där människor befinner sig. Med tanke på rummets storlek har vi valt att bortse från detta då det här inom rimlig tid för utrymning kan anses ej orsaka problem. I och med den låga temperaturen uppnås ingen strålning som nämnvärt påverkar situationen.

Tid till kritiska förhållanden:

Balkong: 1 minut 18 sekunder

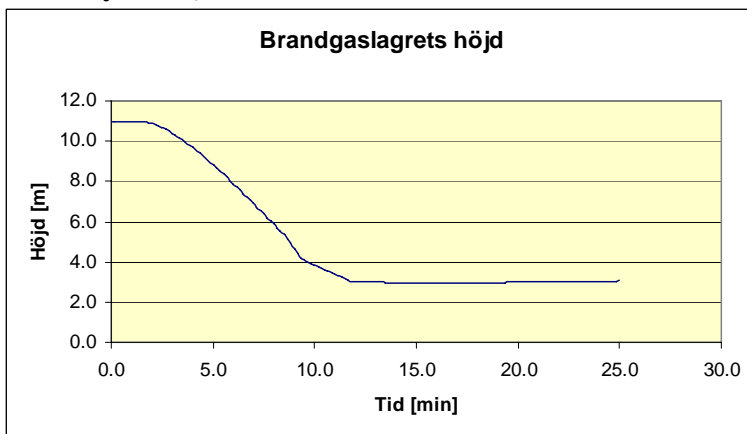
Stora salen: inträffar ej

11.1.2 Fall 2, brand i el-central samt scen

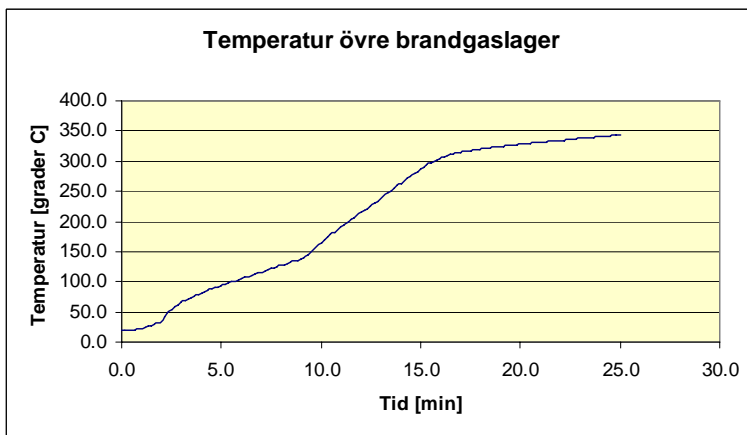
En initialbrand på 4 MW med medium tillväxthastighet placeras i el-centralen enligt tidigare beskrivet resonemang. Efter 100 sekunder antar vi att material på scenen antänts varvid en brand med maximal effekt på 5 MW och medium tillväxthastighet startar. Den brandgasventilationslucka som finns i taket på scenutrymmet öppnar även här efter 240 sekunder.

Resultat Fall 2, brand i el-central samt scen

Scenutrymmet, brandrum 2



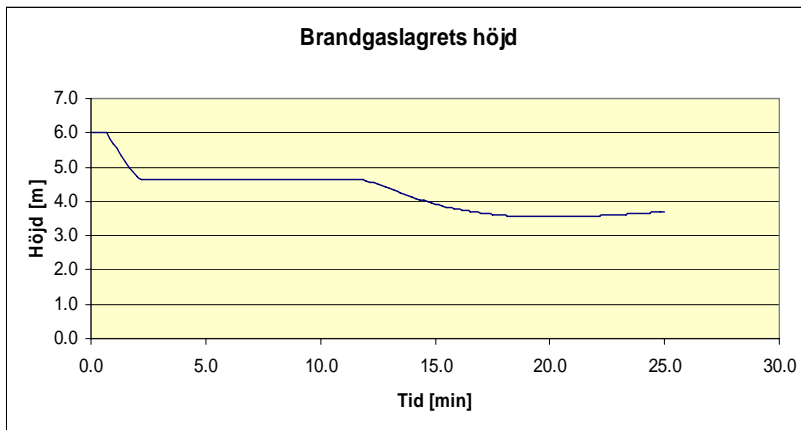
Figur 23, Brandgaslagrets höjd i scenutrymmet



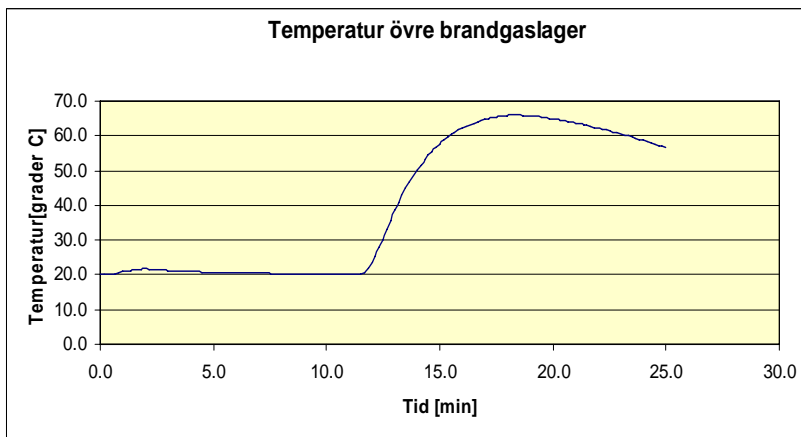
Figur 24, Temperatur i övre brandgaslager i scenutrymmet

Brandgaserna i scenutrymmet sjunker efter ca 9 minuter ner till 5 meters höjd. Vid denna tid får vi ett flöde ut mot Stora salen.

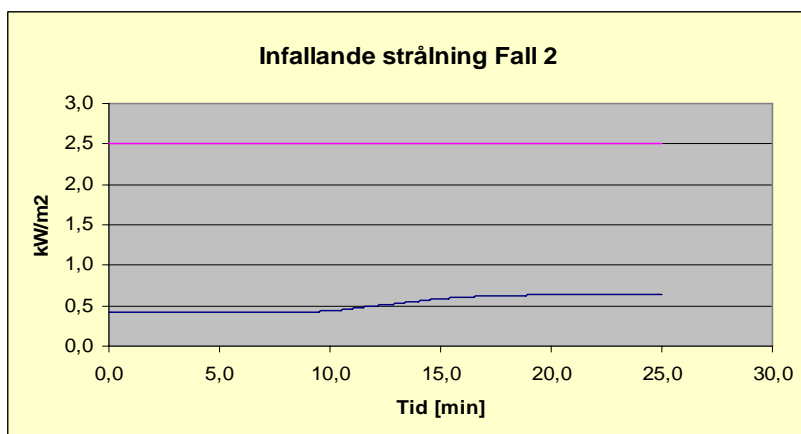
Stora salen



Figur 25, brandgaslagrets höjd i Stora salen



Figur 26, temperatur i övre brandgaslagret i Stora salen



Figur 27, Infallande strålning Fall 2

Av ovanstående diagram utläser vi att brandgaslagrets tjocklek relativt snabbt intar en konstant tjocklek på omkring 1,2 meter. Detta brandgaslager genereras av ifrån brandrummet utläckande

gaser. Sen tidigare vet vi att brandgaser ifrån scenen börjar strömma ut efter omkring 9 minuter. Effekten av detta fördröjs något men resultatet ser vi tydligt i diagrammen ovan då både brandgaslagrets tjocklek och temperatur markant ökas. Detta sker ungefär vid tiden 12 minuter. Strålningen som uppnås håller sig långt under den av Boverket angivna, maximalt tillåtna, infallande strålningen.

Tid till kritiska förhållanden:

Balkong: 1 minut 18 sekunder

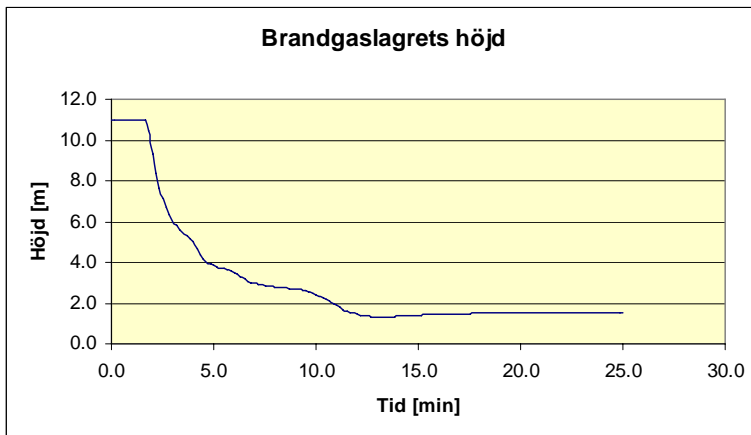
Stora salen: inträffar ej

11.1.3 Fall 3, ökad effekt samt tillväxthastighet

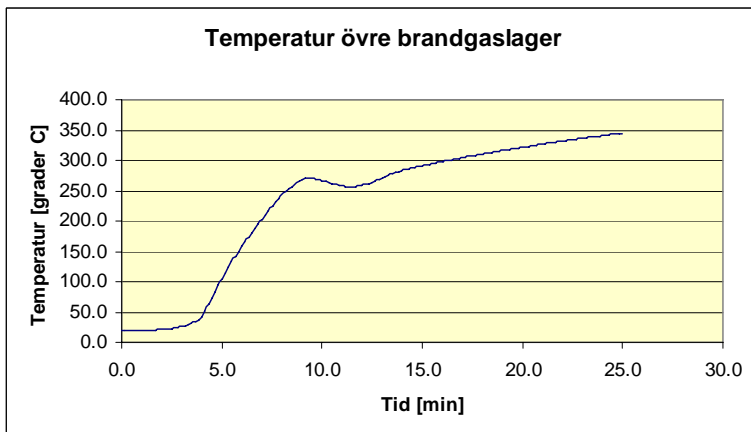
Effektutvecklingen i brandrummet antas vara samma som i föregående fall då ändrade förutsättningar i detta utrymme inte kan motiveras. På scenen väljer vi att öka brandeffekten ifrån 5 MW till 7 MW. Tillväxthastigheten ökas ifrån medium till en snabb. Brandgasventilationsluckan öppnas efter 240 sekunder.

Resultat Fall 3, ökad effekt samt tillväxthastighet

Scenutrymmet



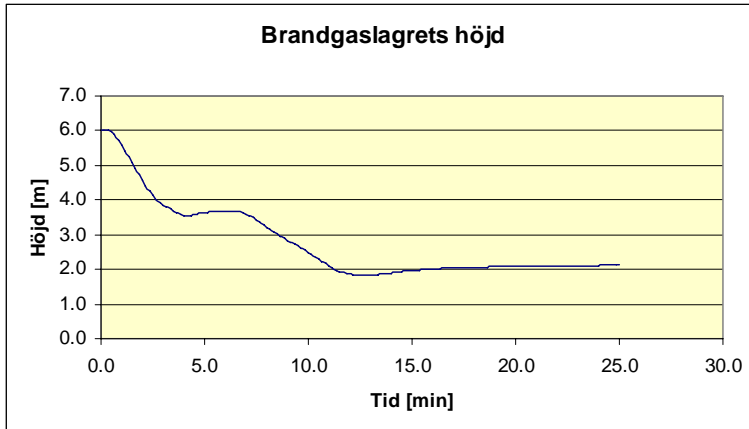
Figur 28, brandgaslagrets höjd i scensalen



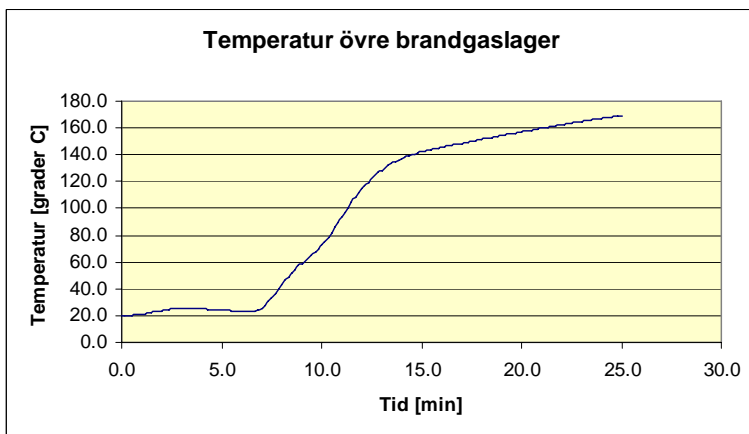
Figur 29,temperatur i övre brandgaslagret i scensalen

Brandgaslagret sjunker med större hastighet än vid tidigare fall och efter ungefär 4 minuter börjar brandgaser strömma ut mot Stora salen. Vi ser en markant ökning av brandgaser i scenutrymmet som nästan helt blir rökfyllt. Temperaturen har ett snabbare stegringsförlopp än tidigare.

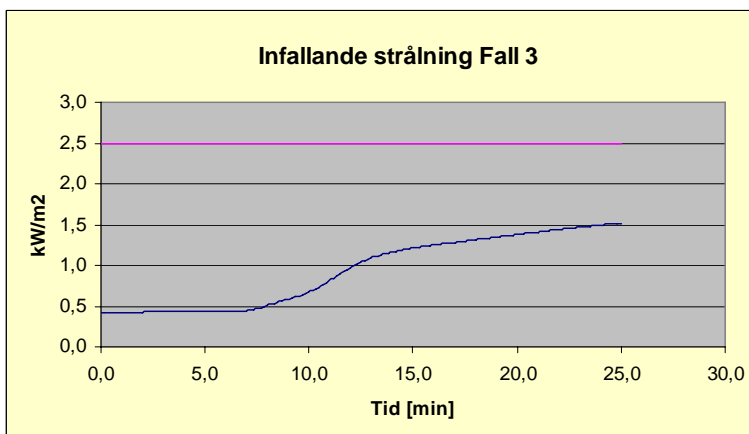
Stora salen



Figur 30, brandgaslagrets höjd i Stora salen



Figur 31, temperatur i övre brandgaslagret i Stora salen



Figur 32, infallande strålning Fall 3

Vi utläser att brandgaslagrets höjd till en början sjunker snabbt för att sedan anta en relativt konstant höjd under en kortare tidsperiod. Denna höjd är ungefär 3,5 meter. Ungefär vid tiden 7 minuter fortsätter brandgaslagret att sjunka till en höjd på omkring 2 meter över golvet. Denna höjd antas efter ungefär 11 minuter. Temperaturen i detta lager är då cirka 80° C. Strålningen börjar närma sig mer kritiska förhållanden men de uppnås ej.

Tid till kritiska förhållanden:

Balkong: 1 minut 18 sekunder

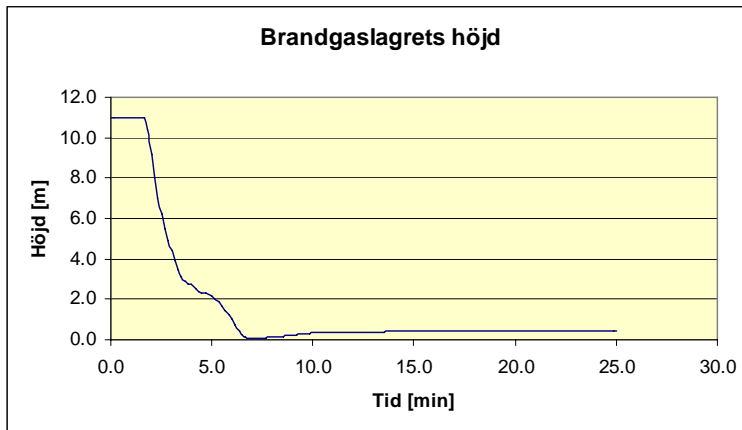
Stora salen: 10 minuter 42 sekunder

11.1.4 Fall 4, ej fungerande brandgasventilation

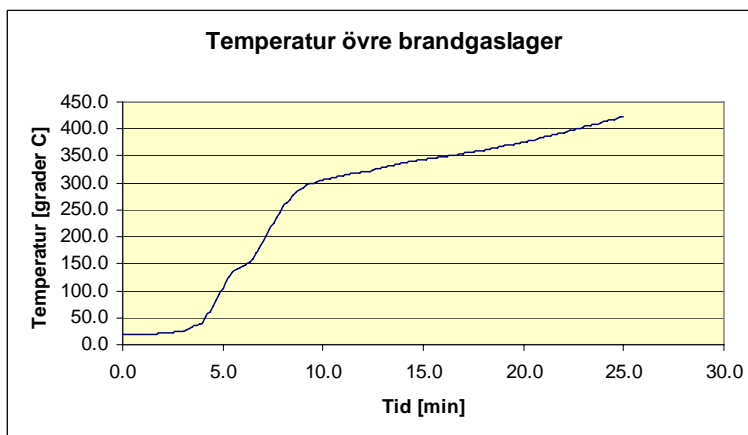
Samma förutsättningar som vid fall 3, dock med den förändring att brandgasventilationen ej utnyttjas.

Resultat Fall 4, ej fungerande brandgasventilation

Scenutrymmet



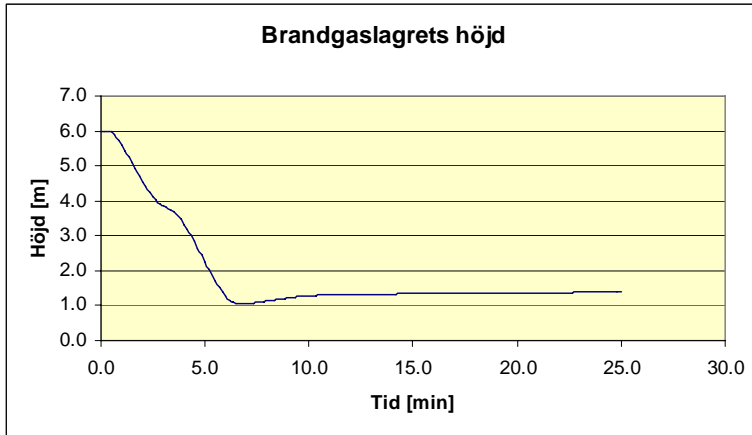
Figur 33, brandgaslagrets höjd i scensalen



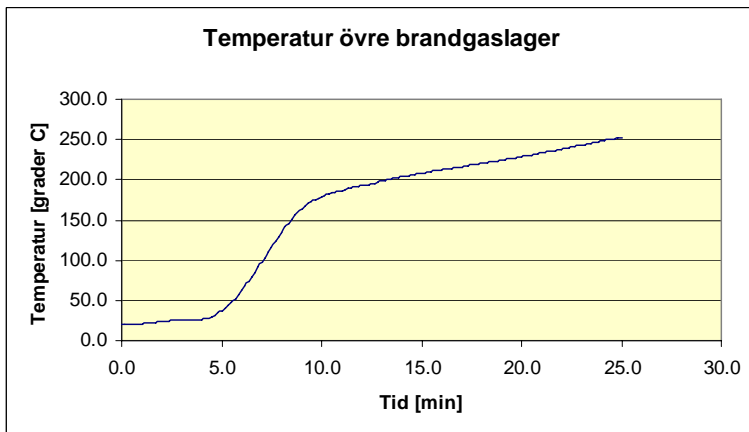
Figur 34, temperatur i övre brandgaslagret i scensalen

Här ser vi tydligt effekten av brandgasventilationen. I detta fall antar vi att den inte öppnas. Vi ser att hela utrymmet rökfyllts vilket inte inträffade vid tidigare fall. Efter ungefär 2,5 minut så har brandgaslagret sjunkit till en sådan nivå att det strömmar ut mot Stora salen. Temperaturen når också högre nivåer än tidigare.

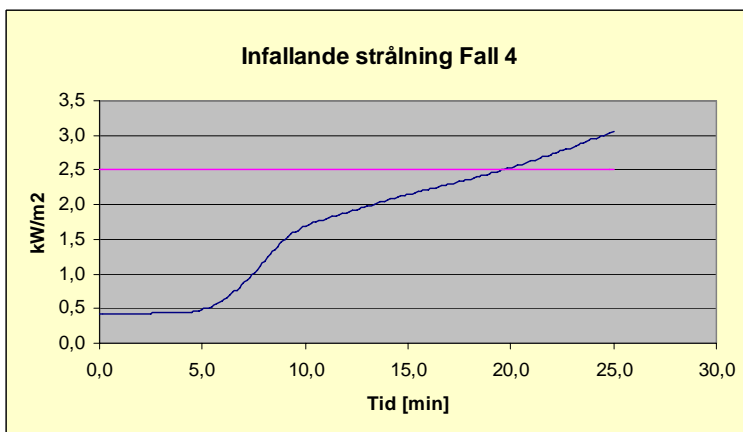
Stora salen



Figur 35, brandgaslagrets höjd i Stora salen



Figur 36,temperatur i övre brandgaslagret i Stora salen



Figur 37, Infallande strålning, Fall 4

Här ser vi återigen vilken betydande roll brandgasventilationsluckan har. Brandgaslagrets höjd över golvet minskar kraftigt och temperaturen ökar. Efter ungefär 5 minuter antas den kritiska höjden av brandgaslagret för Stora salen som enligt tidigare redovisning uppgår till 2,2 meter. Strålningen är dock vid denna tidpunkt långt under kritisk, detta till följd av att brandgaslagrets temperatur vid detta tillfälle fortfarande är låg. Mellan tiden 5 och 10 minuter ökas temperaturen i brandgaslagret kraftigt och således även strålningen.

Tid till kritiska förhållanden:

Balkong: 1 minut 18 sekunder

Stora salen: 5 minuter 6 sekunder

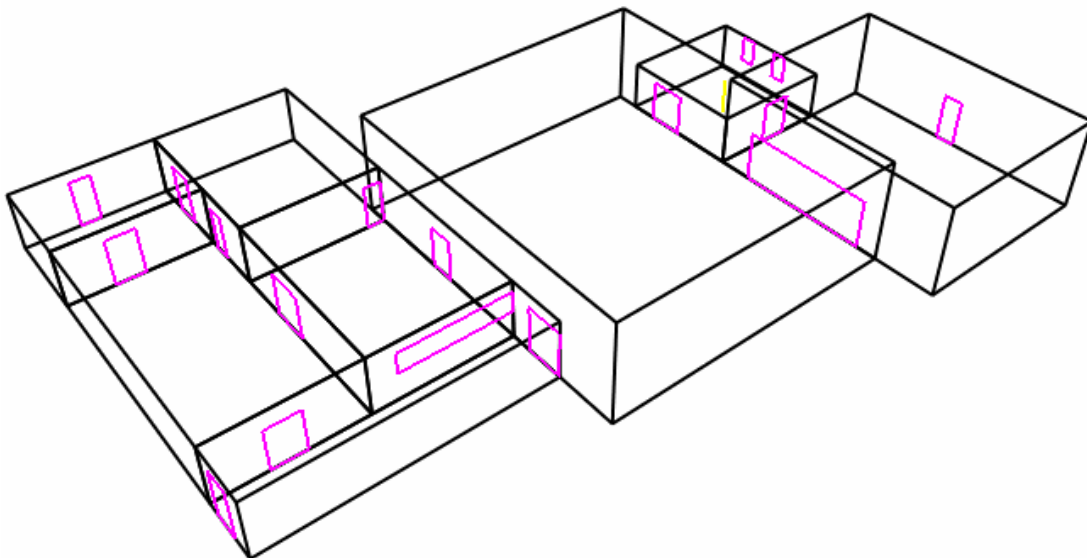
11.2 Tegnér's

I stil med tillvägagångssättet för Stora salen väljer vi här att studera fyra stycken olika simuleringar, ett med vår dimensionerande brand, samt resterande som känslighetsanalys. Genom handberäkning av vår dimensionerande brandeffekt visar det sig även här att branden blir ventilationskontrollerad. Vi får i detta fall en maximal effekt på 13 MW.

Förutsättningarna för brand i garderoben skiljer sig dock åt ifrån tidigare beskrivna fall. Vid inledande simuleringsförsök antydde resultaten att brandgasernas höjd som funktion av tiden först och främst berodde på brandens tillväxthastighet snarare än dess maximala effekt. Som utgångspunkt för våra simuleringar använder vi oss av vår dimensionerande brand och låter programmet därefter anpassa denna till rådande ventilationsförhållanden. För att variera effekten låter vi storlek på öppningarna variera.

I tre av fallen låter vi vald effekt växa till sitt maximala värde för att sedan hålla sig på en konstant nivå, simuleringen ut. Från jämförelser med andra försök¹¹ och verkliga bränder vet vi att branden inte fortgår med konstant maximal effektutveckling tiden ut. För att få med detta i vår simulering görs ett försök att utifrån existerande data konstruera en sådan brand. För mer ingående beskrivning se bilaga 11. Även detta görs som ett led i känslighetsanalysen.

I scenarierna har vi valt att exkludera köket, toaletterna, garderoben under brandrummet samt toaletterna i anslutning till rum 105.



Figur 38, geometri Tegnér's

¹¹ Johansson B (2004) *Analys av utrymningssäkerheten vid brand hos nattklubben Underbar i Skellefteå*, Rapport 5135, Brandteknik - LTH: Lund

11.2.1 Fall 1

Vår dimensionerande brand, motsvarande en *fast at²* kurva, placeras i garderobsutrymmet. Den maximala effekten kan tänkas uppgå till 13 MW varefter effekten hålls konstant. Sannolikheten för att branden kommer att bli ventilationskontrollerad är stor. I brandrummet förväntas den förhöjda temperaturen och trycket bidra till att ett fönster går sönder. Detta simuleras genom att en öppning öppnas upp efter 90 sekunder. Tiden 90 sekunder är den tidsåtgång tills temperaturen i brandrummet uppnår 350°C vid ett, högst konservativt, ultrafast förlopp, och används i samtliga simuleringar oavsett tillväxthastighet. Med dessa indata beräknar sedan CFAST maximal effektutveckling samt ventilationspåverkan.

11.2.2 Fall 2

Samma dimensionerande brand som i fall 1 utnyttjas med förändringen av att ytterliggare en öppning öppnas upp, även denna vid tiden 90 sekunder. Detta gör vi som en del av vår känslighetsanalys då vi vill utreda huruvida den extra lufttillförseln påverkar branden och utrymningsförloppet.

11.2.3 Fall 3

I detta fall gäller samma ventilationsförhållanden som i fall 1. Skillnaden ligger i att vi som känslighetsanalys väljer att utnyttja den konstruerade brandkurvan enligt bilaga 11, med något lägre brandeffekt. Effektutvecklingen motsvarar en *ultrafast at²* kurva med en maximal effektutveckling på drygt 11 MW. Denna effekt hålls inte konstant utan har en avtagande fas.

11.2.4 Fall 4

Även detta fall är en del av vår känslighetsanalys, och vi har ansatt en brand med *ultrafast at²* tillväxt upp till 13 MW och därefter konstant effektutveckling. I övrigt gäller samma ventilationsförhållanden som i fall 2.

11.2.5 Resultat Tegnér's

För att för detta scenario presentera resultatet på ett överskådligt sätt väljer vi att presentera den tid det tar att uppnå kritiska förhållanden i våra berörda utrymmen med två tabeller. En med avseende på brandgaslagrets strålning, samt en med avseende på brandgaslagrets höjd, se nedan. De utrymmen vi väljer att undersöka är de i vilka simuleringarna visar att köbildning uppstår. Rutorna utan innehåll innebär att kritiska förhållanden ej uppnås under simuleringstiden.

Strålning

Fall	Dansgolv 110	Korridor 107	Tegnér's bar 113	Rum 105
1	605 sekunder	-	465 sekunder	-
2	-	-	510 sekunder	-
3	-	-	-	-
4	500 sekunder	-	365 sekunder	-

Tabell 1: tid till kritiska förhållanden, strålning.

Utifrån denna information ser vi att strålningen i två av utrymmena inte alls uppnår kritiska nivåer. På dansgolvet uppkommer kritiska förhållanden vid fall 1 och 4. Vid baren uppnås kritiska förhållanden i samtliga fall utom i fall 3. Generellt sett kan vi konstatera, att i de fall där kritisk strålningsintensitet inträffar, så sker detta efter relativt lång tid. Då redovisad strålning endast tar hänsyn till brandgaslagret, utnyttjar vi en handberäkningsmetod för att uppskatta den strålning som kan tänkas uppstå vid direkt exponering av flamman. Detta gör vi som en kontroll för att se om vårt antagande om huruvida eventuella utrymningsvägar blir obrukbara, stämmer. Resultatet redovisas i bilaga 12 och bekräftar tidigare antaganden.

Brandgaslagrets höjd

Fall	Dansgolv 110	Korridor 107	Tegnér's bar 113	Rum 105
1	195 sekunder	245 sekunder	160 sekunder	335 sekunder
2	215 sekunder	265 sekunder	180 sekunder	365 sekunder
3	105 sekunder	145 sekunder	85 sekunder	225 sekunder
4	145 sekunder	175 sekunder	110 sekunder	245 sekunder

Tabell 2. tid till kritiska förhållanden, brandgaslagrets höjd.

Utifrån tabellen ovan ser vi att brandgaslagrets höjd i samtliga fall genererar kritiska förhållanden i alla utrymmen. Resultatet visar att baren är den plats där förhållandena uppnås först, därefter dansgolvet, korridoren och till sist rum 105. Vi ser också att dessa tider i samtliga fall är lägre än tiderna till kritiska förhållanden som orsakas av strålningsintensiteten.

En anmärkningsvärd iakttagelse är att oavsett om man jämför fall ett och två med varandra eller fall tre och fyra, kan man läsa ut att det scenariot med endast ett öppet fönster i brandrummet har något snabbare brandgasproduktion, och därmed kortare tid till kritiska förhållanden. Vi tolkar dessa resultat som att en större andel brandgaser flödar direkt ut till det fria genom ovankanten på den nya fönsteröppningen.

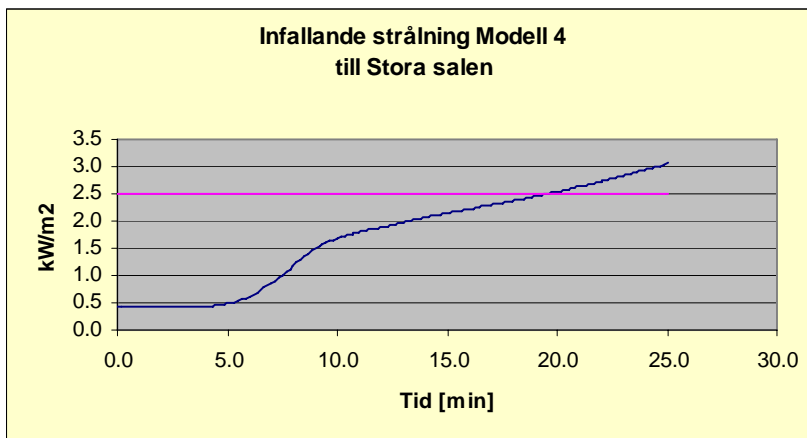
Brandgaslagrets utbredning påverkas dock mest av tillväxten på effektutvecklingen. Det är en markant skillnad i brandgasutbredning mellan bränderna med ett fast respektive *ultrafast at²* förlopp. Vi har gjort testsimuleringar med lägre brandeffekter som visar att från 8 MW och uppåt blir brandgasproduktionen problematisk med *ultrafast at²* förlopp.

12. Analys/Jämförelse av resultat

12.1 Stora salen

För att utreda huruvida utrymning kan ske på ett tillfredställande sätt jämför vi våra respektive tider som vi fått fram genom våra simuleringar och modelleringar, vi jämför alltså tiden för utrymning och tiden tills kritiska förhållanden inträffar. Vi har valt att i huvudsak fokusera på de utrymmen där människor befinner sig, i det här fallet Stora salen och dess läktare.

En jämförelse är gjord mellan de av BBR definierade kraven beträffande strålning, där den maximalt tillåtna långvariga strålning under utrymning är $2,5 \text{ kW/m}^2$, och den erhållna strålningen från brandgaslagret i våra simuleringar. Det enda fallet där kravet inte uppfylldes under hela simuleringen var fall 4 där den infallande strålningen efter ca 20 minuter överstiger kravet, se diagram nedan.

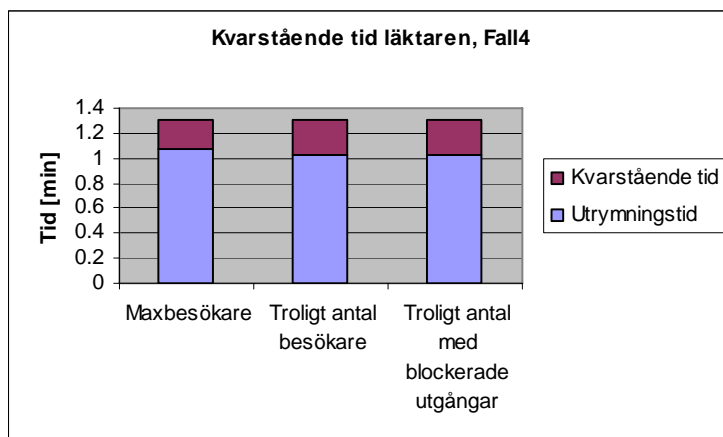


Figur 39, Infallande strålning i jämförelse med krav i BBR för Stora salen

Enligt BBR får strålningen tillfälligt överstiga tidigare angiven gräns och kan kortvarigt anta ett så pass högt värde som 10 kW/m^2 . I fall 4 innebär dock strålningen inte något problem då utrymningen vid denna tidpunkt redan är avklarad för samtliga utrymningssimuleringar. Utifrån detta kan vi konstatera att tiden tills då kritiska förhållanden uppstår därmed, i samtliga fall, styrs av brandgaslagrets höjd, både för läktarplatserna och Stora salen. Nedan följer en jämförelse och redogörelse för resultatet för detta. För jämförelsedigram för samtliga fall hänvisar vi till bilaga 13.

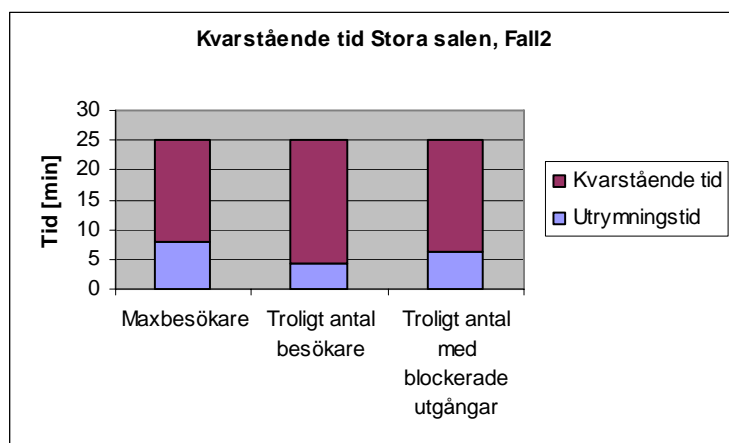
Då läktarplatserna är placerade så pass högt som de är, innebär detta att de snabbast kommer att utsättas för kritiska förhållanden. Nedan följer en jämförelse av den faktiska utrymningstiden och den tid det tar för brandgaslagret för respektive utrymme, läktare och Stora salen, att sjunka till sådan nivå att kritiska förhållanden uppnås. Utifrån jämförelsen får vi en uppfattning om skillnaden mellan dessa tider och kan på så sätt bilda oss en uppfattning om huruvida denna tid är tillräcklig för att larmsystemets fördröjning och detektionen av branden inte skall vara avgörande för huruvida utrymning kan ske eller ej.

För människorna på läktarplatserna är situationen speciell. Tiden för utrymning är mycket kort men så är även fallet för tiden till då kritiska förhållanden uppnås. I storleksordningen är båda tiderna omkring en dryg minut. Detta resulterar i en mycket liten marginal mellan de båda tiderna. Denna marginal skulle inte ens räcka till för enbart detektion av branden, än mindre täcka in tiden för utrymningslarmets fördröjning. Trots beskrivna förutsättningar så anser vi att utrymning av läktarna i samtliga fall kan genomföras utan problem. Vad vi baserar detta på är dels den korta utrymningstiden och dels på att människor givetvis påbörjar en utrymning innan ett eventuellt utrymningslarm aktiveras om förhållandena ändras så drastiskt som de i dessa fallen antas göra.



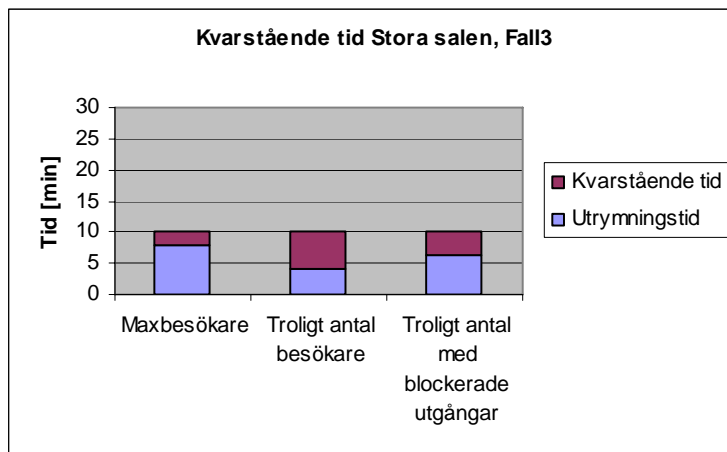
Figur 40, Kvarstående tid för detektion, läktare, Fall 4

På samma sätt som för läktarplatserna jämför vi för Stora salen tiderna för utrymning och tiderna tills då kritiska förhållanden uppstår. Av tidigare redovisat resultat vet vi att kritiska förhållanden inte uppnås i Stora salen för våra två första fall. Fall två är vårt mest troliga fall. Som visas på diagrammet nedan resulterar detta i att den kvarstående tiden för detektion och larmaktivering därmed blir mycket väl tilltagen. Utrymning kan i dessa fall ske på ett tryggt och säkert sätt.



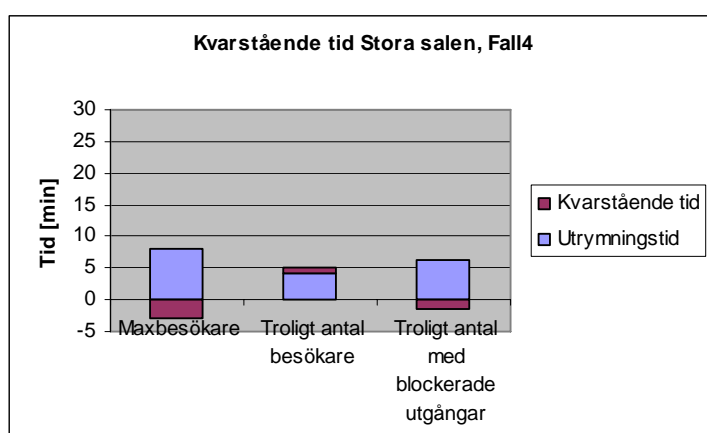
Figur 41, Kvarstående tid för detektion, Stora salen, Fall 2

Vid samma jämförelse för vårt tredje fall, där vi ökat brandeffekten och dess tillväxthastighet ser vi att utrymningen till viss del fortfarande fungerar. Av tidigare redovisat resultat, och nedan visat diagram, vet vi att det ungefär tar tio minuter för branden att orsaka kritiska förhållanden i vårt givna utrymme. Utrymningstiderna för respektive utrymningsfall spelar här en avgörande roll. För vårt fall med troligt antal besökare ser vi att skillnaden mellan de båda tiderna är så pass stor att vi kan anta att det inte uppstår några problem i detta fall. Värre är det för det fallen där vi har maximalt antal besökare samt då branden blockerar valda utrymningsvägar. Diagrammet nedan visar att differensen är i minsta laget för maxfallet varpå problem kan tänkas uppstå. För det fall med troligt antal besökare samt blockerad utrymningsväg ser det något bättre ut. Med tanke på den spaltsprinkler som finns installerad i scenutrymmet ovanför ridån, vilken till viss del håller nere effektutvecklingen på branden samt att utrymningen troligtvis påbörjas innan utrymningslarmet har aktiverats, kan vi även i dessa fall anta att utrymningen kan genomföras på ett tillfredställande sätt.



Figur 42, Kvarstående tid för detektion, Stora salen, Fall 3

I vårt fjärde fall, där vi antar att den brandgasventilation som finns ovanför scenutrymmet inte fungerar, ser vi enligt nedan att resultaten är helt andra än tidigare. Vid samma jämförelse som tidigare ser vi att den tid det i detta fall tar för branden att orsaka kritiska förhållanden i två av tre fall understiger den tid det tar att utrymma Stora salen. I vårt fall med troligt antal besökare ligger båda tiderna i paritet med varandra, utrymningstiden är obetydligt kortare än tiden tills då kritiska förhållanden uppstår. Den kvarstående tiden för detektion samt fördröjning av larmsystemet är minimal. Den generella slutsatsen är att utrymningen i samtliga av dessa fall inte kommer att kunna genomföras på ett tillfredställande sätt. Vi ser i och med detta hur stor betydelse brandgasventilationen har för resultatet i stort. Vad som bör poängteras är vikten av kontinuerligt underhåll och regelbundna tester av luckans funktionalitet då denna kan vara den avgörande faktorn för en säker utrymning av Stora salen och AF-borgen i stort.



Figur 43, Kvarstående tid för detektion, Stora salen, Fall 4

12.1.2 Sammanfattning

Utifrån jämförelserna ovan kan vi konstatera att utrymningen ifrån Stora salen och dess läktare generellt sett fungerar bra. I de mest troliga fallen där vi har ett rimligt antal personer i respektive utrymme samt en mer realistisk brand visar resultatet att utrymning i dessa fall kommer att kunna utföras på ett tillfredställande sätt. Även vid en ökad brandeffekt och tillväxthastighet kommer utrymningen med all sannolikhet att fungera bra. Vad som styr resultaten har till stor del visat sig vara utifall brandgasventilationen fungerar eller ej.

12.2 Tegnér's

Vid jämförelse mellan resultaten från Simulex och CFAST har vi valt att även här titta på hur tiderna till kritiska förhållanden förhåller sig till tiderna för utrymning, i detta fall för fyra utvalda rum.

Det står direkt klart att brandgaslagrets strålning ej har någon som helst inverkan på utrymningsförloppet, då rummen är utrymda en god stund innan kritiska förhållanden faktiskt uppstår. Däremot visar det sig att brandgaslagrets höjd i hög grad förhindrar utrymning. I synnerhet i de fall där effektutvecklingen ökar enligt ett *ultrafast at²* förlopp i kombination med de utrymningssimuleringar där vi tar in maximalt antal tillåtna personer.

SIMULEX	Dansgolv 110	Korridor 107	Tegnér's bar 113	Rum 105
Fall 1	157 sekunder	101 sekunder	199 sekunder	109 sekunder
Fall 2	67 sekunder	74 sekunder	105 sekunder	155 sekunder
Fall 3	156 sekunder	219 sekunder	50 sekunder	209 sekunder
Fall 4	192 sekunder	257 sekunder	108 sekunder	236 sekunder

Tabell 3. Utrymningstider vid garderobsbrand.

För vårt huvudfall med den dimensionerande branden visar det sig att utrymning endast lyckas utan att kritiska förhållanden uppstår i de fall där Tegnér's inte har tagit in maximalt antal besökare.

För de fall där vi har utfört känslighetsanalys visar det sig att rådande ventilationsförhållanden i brandrummet inte har någon nämnvärd inverkan på utrymningsförloppet. Det som spelar störst roll huruvida utrymningen skall lyckas eller inte beror på brandens tillväxthastighet samt hur stort antal personer som vistas inne på Tegnér's. Med andra ord lyckas utrymningen bäst då branden har en *fast at²* tillväxt samt att Tegnér's ej tagit in maximalt antal gäster.

Dock bör i sammanhanget nämnas att skillnaden mellan att lyckas och att misslyckas med utrymningsscenarioet i vissa av fallen inte är helt solklar. Kritiska förhållanden kan ha uppstått på under tio sekunder innan rummet är färdigutrymt. Samma problematik, fast omvänt råder för övrigt i några av fallen där vi bedömt utrymningsförloppet som lyckat, då det även här kan röra sig om marginaler på ett fåtal sekunder. I dessa gränsfall har vi valt att underkänna eller godkänna utrymningen strikt efter de definitioner på kritiska förhållanden som angetts tidigare i rapporten. Vi har dock i åtanke de skillnader som finns mellan ett simulerat utrymningsförlopp och ett verkligt. Vi anser det till exempel inte realistiskt att folk står och försöker tränga sig igenom en igenproppad utrymningsväg när det finns alternativ i närheten som är folktomma.

En jämförelse görs även med avseende på tiden för detektion, d.v.s. det tidsutrymme som finns mellan vår faktiska utrymningstid och tiden det tar för kritiska förhållanden att uppstå. Under denna tid skall personerna hinna uppfatta att någonting inte står rätt till, samt besluta om hur de skall agera. Resultaten skiljer sig avsevärt mellan de olika scenarierna och precis som nämns ovan kan det i värsta fall röra sig om sekunder som folk har på sig att besluta om förflyttning för att utrymningen skall lyckas. I sammanhanget är det en väldigt kort tid.

Vad vi kan konstatera är att det spelar stor roll ifall huvudingången är satt ur funktion eller inte. Utrymningstiden av nattklubben tar visserligen inte mer än upp emot 50 sekunder längre tid när huvudentrén är utslagen, men dessa sekunder kan få långtgående konsekvenser med en så pass kraftig brandgasutveckling som det mycket väl kan vara vid en brand i garderobsutrymmet.

Med andra ord är det framförallt tre slutsatser vi drar vid denna jämförelse:

1. Det är viktigt att dämpa brandförloppet i ett tidigt skede för att undvika en snabb tillväxt.
2. När nattklubben tar in maximalt antal personer kan det inte garanteras att alla lyckas utrymma i tid.
3. Då marginalerna är väldigt knappa för att utrymningen skall lyckas är det av stor vikt att utrymningslarmet aktiveras omgående för att förkorta varseblivningstiden.

13. Förslag till att förbättra brandskydd

Utifrån de slutsatser som tidigare redovisats presenteras här förslag till åtgärder som kan förbättra befintligt brandskydd eller eventuellt säkerställa dess funktion.

Allmänt kan det påpekas att den del av byggnaden som granskats har ett fullt acceptabelt brandskydd med avseende på detektion och utrymningsmöjligheter med tillhörande skyltning. Vad som generellt sett är sämre för denna del av byggnaden är tillgången på handbrandsläckare och liknande anordningar som snabbt kan utnyttjas av personal eller besökare för att bekämpa en eventuell brand i ett utrymme.

För att öka brandsäkerheten i byggnaden rekommenderas starkt att fler handbrandsläckare placeras i byggnaden. Stort behov finns i anslutning till kritiska platser såsom el-centralen i Stora salen och de båda garderobsutrymmena inne i Tegnér's. Tillsammans med utbildning av berörd personal, det vill säga bland andra larmmottagare och garderobspersonal, anses detta vara en mycket relevant och en bra lösning. Utbildningen skall ge kunskap om handhavande och användningsområde för olika typer av handbrandsläckare och skall ske kontinuerligt.

Som nämnts i inledningen av rapporten anses brandskyddet i den nyrenoverade delen av AF-borgen, där bland annat Café Athen är placerad, vara mycket väl genomtänkt. Att sprinkla övriga delar av byggnaden på liknande sätt är givetvis att föredra men med tanke på byggnadens ålder och historia, samt sett ur ett ekonomiskt perspektiv, anses detta som orimligt.

Utifrån det resultat som behandlar scenariot i Stora salen vet vi att utrymning härifrån fungerar förhållandevis bra. För att säkerställa att utrymning dock verkligen kan ske på ett tillfredställande sätt skall, som vi nämnt tidigare i rapporten, fortsatt kontroll och underhåll av brandgasventilationen ovanför scenen ske kontinuerligt. För att minska belastningen på huvudvägen ner ifrån Stora salen till foajén bör riktningsanvisningar mot alternativa utrymningsvägar placeras ut. Dessa skall placeras i den anslutande foajén utanför Stora salen.

Utifrån resultatet som behandlar scenariot vid Tegnér's vet vi att marginalerna, för detektion av brand samt fördröjning av utrymningslarmet, är små. Vid nattklubsverksamhet rekommenderas att byggnadens larmmottagare utgörs utav befintlig personal i Tegnér's alternativt att utrymningslarmet direkt kopplas till rökdetektorerna. På detta sätt kan onödig fördröjning av utrymningslarmet undvikas. I nattklubbsmiljö finns flera faktorer som påverkar människornas förmåga att uppfatta händelser negativt, till exempel alkoholpåverkan. Därför rekommenderas det att utrymningsskyltar kompletteras med blinkande ljus för att på så sätt förkorta beslutstiden, vilket är nödvändigt med tanke på de knappa tidsmarginaler som finns för utrymning från Tegnér's nattklubb. Detta har vid försök¹² visat sig vara ett bra komplement till enbart skyltning och anses i det här fallet kunna tillföra betydligt mer för utrymningen i stort, än endast traditionell skyltning. Lämplig färg på de blinkande ljusen väljs med fördel, enligt tidigare nämnda försök, till grön. För att öka sannolikheten för att huvudentrén till Tegnér's kan utnyttjas vid utrymning rekommenderas det att dörrar mellan garderobsutrymmena och övriga delar av lokalen utgörs av

¹² Frantzich, H. (2004), *Val av utrymningsväg i tunnel*, Brandteknik – LTH: Lund.

brandteknisk klass EI30-C[#]. Viktigt är att dörrarna inte hindras från att helt kunna stängas. En annan typ av åtgärd som också kan tänkas bidra till ett mer gynnsamt klimat för utrymning är en eventuell revidering och minskning av maximalt antal tillåtna besökare i lokalen.

Utifrån utrymningssimuleringarna som utförts vet vi att foajén på entréplan, som befarat, är en viktig knutpunkt där flera utrymningsvägar ifrån olika platser i byggnaden möts. Vid utrymning av hela byggnaden visar det sig att utrymmet belastas mycket hårt och köbildning bildas. Detta resulterar i att det även blir köbildning i övriga delar av byggnaden. För att inte försvåra situationen mer än nödvändigt föreslås att foajén hålls fri från lös inredning, utöver nödvändig sådan, samt att utrymmet inte utnyttjas till någon form av aktivitet.

Allmänt för hela byggnaden är att utrymningsvägar helt skall hållas fria från onödigt brännbart material samt annat som kan försvåra utrymning. Vid uthyrning av de olika festlokalerna skall placering av ytterplagg och dylikt ske på sådant sätt att nödutgång ej slås ut vid brand, gärna i ett eget avskilt utrymme. Underhåll av anordningar för automatisk dörrstängning, dörrvred för utrymningsdörrar, brandgasspjäll i ventilationskanalerna, rökdetektorer samt utrymningslarm skall även i fortsättningen underhållas regelbundet.

De samlingslokaler som är placerade i källarplan bör, i den omfattning det är möjligt, att förses med öppningsbara fönster så att brandgasventilation kan möjliggöras utan att närliggande trapphus behöver utnyttjas.

Ovan nämnda förslag till att förbättra alternativt säkerställa byggnadens brandskydd kan sammanfattas enligt nedan:

Åtgärder som *skall* utföras:

- Handbrandsläckare skall placeras i anslutning till el-centralen i Stora salen samt garderobsutrymmena i Tegnér's.
- Utbildning av berörd personal gällande handbrandsläckare skall genomföras kontinuerligt.
- Kontroll och underhåll av tekniska installationer såsom brandgasventilation, anordningar för automatisk dörrstängning, dörrvred för utrymningsdörrar, brandgasspjäll i ventilationskanalerna, rökdetektorer samt utrymningslarm skall utföras kontinuerligt.
- Utrymningsvägar får ej blockeras och skall därmed hållas fria från lös inredning samt annat som kan bidra till problem vid eventuell utrymning.
- Ytterplagg och dylikt skall vid evenemang placeras så att utrymningsvägar och nödutgångar, vid brand, ej slås ut.

[#] Dörr av brandteknisk klass EI30-C – avskiljande och isolerande i minst 30 minuter. Automatisk dörrstängare.

Åtgärder som **bör** utföras:

- Vid nattklubsverksamhet i Tegnér's bör larmmottagare för byggnaden finnas ibland Tegnér's personal alternativt bör utrymningslarmet vara direkt kopplat till rökdetektorerna.
- Utrymningsskyltar i Tegnér's bör kompletteras med grönt blinkande ljus.
- Dörrar mellan Tegnér's garderobsutrymmen och övriga delar av lokalen bör vara av brandteknisk klass EI30-C.
- Foajén bör hållas fri från lös inredning samt bör inte utnyttjas till någon form av aktivitet.
- Samlingslokaler i källarplanet bör förses med öppningsbara fönster i den mån det är möjligt.
- Riktningsskyltar till alternativa utrymningsvägar bör placeras i den anslutande foajén till Stora salen.

14. Källförteckning

Abrahamsson, M (1997) *Scenariotänkande vid brandsyn i samlingslokaler*, Brandteknik - LTH: Lund

Brandteknik LTH (2002), *Brandskyddshandboken*, Brandteknik - LTH: Lund.

Boverket (2002), *Boverkets Byggregler, BBR*, Boverket: Vällingby.

Boverket (2004), *Utrymningsdimensionering*, Boverket: Kalmar.

Drysdale, D. (2003), *An Introduction to Fire Dynamics*, Chichester: John Wiley & Sons.

Frantzich, H. (1997), *Användarmanual till Simulex*, Brandteknik – LTH: Lund.

Frantzich, H. (2001), *Tid för utrymning vid brand*, Räddningsverket: Karlstad.

Frantzich, H. (2004), *Val av utrymningsväg i tunnel*, Brandteknik – LTH: Lund.

Gojkovic, D. (2005), *Föreläsningmaterial, tvåzonsmodellering CFAST*, Brandteknik - LTH: Lund.

Gojkovic, D. (2005) *Föreläsningmaterial Branddynamik*, Brandteknik, LTH: Lund.

Johansson, B (2004) *Analys av utrymningssäkerheten vid brand hos nattklubben Underbar i Skellefteå, Rapport 5135*, Brandteknik - LTH: Lund

Karlsson, B., Quintiere, J. G. (2000), *Enclosure Fire Dynamics*, CRC Press: Boca Raton.

Nilsson, D. (2005) *Föreläsningmaterial, människors beteende vid brand*. Brandteknik - LTH: Lund

SFPE (2002), *Handbook of Fire Protection Engineering*, National Fire Protection Association: Quincy.

Särdqvist, S. (1993), *Initial Fires*, Brandteknik - LTH: Lund.

.

Bilagor

Bilaga 1

Kritiska förhållanden

De krav som ställs på en byggnad från Boverkets sida innebär att en byggnad skall vara utrymd innan kritiska förhållanden uppstår. Ur Brandskyddshandboken¹³ från 2002 kan man utläsa att kritiska förhållanden främst styrs av temperatur, strålning, brandgaslagrets höjd, siktbarhet samt brandgasers toxiska inverkan.

Detta innebär att personer ej bör utsättas för:

- Temperaturer över 80°C
- Kortvarig strålningsintensitet på 10 kW/m²
- Utdragen strålningsintensitet på 2,5 kW/m²
- Brandgaslager under höjden = (1,6+0,1*rumshöjden) [meter]
- Siktbarhet lägre än 5 meter i brandrummet, och 10 meter i utrymningsvägarna
- Halter av:
CO > 2000 ppm
CO₂ > 5%
O₂ < 15%

Stora salen:

Balkongen:

H=2,2 m

$1,6+0,1*2,2=1,82$ m

Stora salen:

H=6 m

$1,6+0,1*6=2,2$ m

¹³ Brandteknik LTH (2002), *Brandskyddshandboken*, Brandteknik - LTH: Lund.

Bilaga 2

Hjälpmedel / Datorprogram

Simulex

Allmänt

Som underlag för bestämning av utrymningstiden har vi valt att utnyttja ett datorprogram vid namn Simulex. I detta använder vi byggnadens befintliga ritningar som grund, och definierar på dessa våra möjliga utrymningsvägar. Programmet tillåter oss sedan att placera ut motsvarande mängd tänkta människor, för respektive valt scenario. Utifrån detta underlag kan simuleringen påbörjas.

Antaganden / Allmänna förutsättningar

Simulex baseras på ett antal antaganden som behandlar människornas utrymningsväg och rörelse. De utplacerade människorna tar till exempel alltid den närmaste vägen till den utrymningsväg, som för dem är definierad. Generellt sett tilldelas människorna en normal gånghastighet, vilken väljs slumpvis inom ett intervall. Hastigheten avtar sedan enligt ett linjärt samband, beroende på hur nära människorna befinner sig varandra. Ju närmare de befinner sig varandra, desto långsammare går de. Programmet tar även hänsyn till trappor och hastigheten reduceras här med en viss del beroende på om man går upp- eller nedför.

Begränsningar

Med ovan definierade antaganden medföljer också ett antal begränsningar med programmet. Då de utrymmande människorna alltid väljer den närmsta vägen, kan det många gånger bidra till att det uppstår orealistiska köer. Vi får en situation där människorna går efter varandra på led, trots att det finns gott om utrymme vid sidan. Andra problem som kan uppstå är att människornas vägar kan mötas varpå personernas position kan komma att låsa sig. Vidare finns inte förmågan för människorna att ändra val av utrymningsväg efterhand som simuleringen pågår, utan de är låsta till ett val. Detta kan bidra till att en viss utrymningsväg överbelastas på ett orimligt sätt och att andra inte utnyttjas alls. Vad vi till vardags kallar sunt förnuft finns alltså inte med i programmets utformning.

Anpassning

För att ta hänsyn till programmets begränsningar kan man ändra vissa förutsättningar för en grupp människor och på detta sätt anpassa simuleringen till ett mer verklighetstroget förlopp. Denna typ av anpassning kan till exempel innebära att vi på förhand definierar vilken utgång en viss grupp av människor skall välja eller att vi på våra befintliga ritningar lägger till stömlinjer. Med rätt placerade stömlinjer fungerar dessa på så sätt att vi tvingar människorna att utnyttja utrymmets ytor bättre genom att leda dem i en vald riktning. Denna typ av lösningar måste givetvis tänkas igenom noga och enbart väljas om de kan tänkas ge en mer verklighetstrogen simulering.

Om vi kommer att kunna utrymma på ett tillfredställande sätt eller ej, och hur våra alternativa fall påverkar utrymningen i det stora hela kommer vi kunna avgöra först efter simulering av rökfylldnad med datorprogrammet CFAST. Vi kommer då också att kunna avgöra om våra antaganden angående de eventuella utrymningsvägar som kan tänkas slås ut stämmer.

CFAST

Allmänt

För att uppskatta tiden till rökfyllnad i vårt objekt och samtidigt kunna avgöra då det uppstår kritiska förhållanden i respektive utrymme använder vi oss av datorprogrammet CFAST. Genom att placera vår dimensionerande brand i valt utrymme, beskriva inblandade utrymmens geometri, ytskikt, storlek och placering på öppningar samt eventuellt befintliga aktiva system, kan simulering i programmet utföras.

Antaganden/Allmänna förutsättningar

Programmet är av typen tvåzonsmodell vilket betyder att programmet vid brand delar in valda utrymmen i två zoner, en varm och en kall. Ett antal förenklingar och antaganden måste göras för att kunna tillämpa metoden. För de båda zonerna antar vi att de har obefintlig interferens med varandra, det vill säga att vi har ett väl skiktat fall. Vidare antar vi att respektive zon är väl omblandad och har uniform temperatur. Modelleringen bygger på ekvationer och korrelationer som beskriver brandens kemiska och fysiska egenskaper. Utifrån grundläggande fysikaliska förutsättningar gällande bevarande av massa, energi och partiklar löses kontinuitetsekvationer för respektive parameter och kontrollvolym. Masstransporten mellan zonerna sker via en plymregion och antas ske momentant vilket för denna del i sammanhanget bidrar till ett konservativt resultat. Programmet ger oss information om bland annat höjd för brandgaslagret och temperaturen för de båda zonerna. Ovan beskrivna ekvationer löses för varje tidsenhet vilket ger oss en transient beräkningsmodell. Detta bidrar till att vi vid analys av resultatet kan beskriva hur brandgasspridningen i utrymmena för simulerat scenario sker.

Begränsningar

Då programmet vid olika beräkningar utnyttjar ett antal experimentellt framtagna korrelationer betyder detta att de antaganden som gäller för dessa delberäkningar även gäller för modellen i stort. Många av dessa antaganden baseras på de förutsättningarna som rådde då experimenten för att ta fram korrelationerna utfördes. Detta tillsammans med tidigare nämnda förenklingar medför att vi har ett antal begränsningar i programmet. Modellen bör därför inte tillämpas i alla fall då den för vissa av dessa fall ger orealistiska resultat. Som exempel bör längd/bredd förhållandet samt längd/höjd förhållandet för aktuella utrymmen understiga tre. Ett liknande krav beträffande längd/höjd förhållandet är att längden inte får vara mindre än tjugo procent av höjden. Det vill säga, alltför höga utrymmen i förhållande till golvytan genererar mindre goda resultat. Generellt sett kan man säga att modellen är framtagen för kubiska och rätblockformiga geometrier. En svag brand i ett stort utrymme samt en stor brand i ett litet utrymme är ytterliggare exempel på då modellen inte är tillförlitlig. Detta på grund av att förutsättningarna för att få ett väl skiktat fall inte är gynnsamma vid dessa scenarier. I våra fall är detta inte något problem utan ovan nämnda kriterier uppfylls. Se bilaga 14. Modellerings med CFAST har för vissa typer av scenarier visat sig vara väl tillförlitligt men i och med de förenklingar och antaganden som programmet bygger på bör resultatet av simuleringen användas med sunt förnuft. Generellt sett kan man säga att resultatet inte bör analyseras på detaljnivå.

Anpassning

Vid val av vår dimensionerande brand för respektive scenario har vi kommit fram till en maximal effektutveckling som baseras på ett fall där allt brännbart material brinner samtidigt och har fri tillgång på syre. Som tidigare nämnts är detta fall inte särskilt troligt. Vad vi väljer att göra är att vi utnyttjar programmets funktion att begränsa den maximala brandeffekt som kan komma att

vara aktuell genom att ta hänsyn till den lufttillgång som finns vid varje fall. Detta kan göras då vi i programmet beskriver öppningar mellan våra valda utrymmen. Funktionen baseras på att majoriteten av alla kolvätebränslen genererar en relativt konstant effektutveckling vid förbränning av en viss bestämd mängd syre. På detta sätt får vi ett mer realistiskt händelseförlopp och ett mer relevant resultat. Vid val av dimensionerande brand väljs med fördel en högre effekt snarare än en för låg i syfte att få ett mer konservativt resultat. Programmet tar inte hänsyn till eventuell återstrålning ifrån det brandgaslager som bildas vilket också bör beaktas.

CFAST kan enbart räkna på rum med räta vinklar vilket bidrar till att en viss anpassning av rumsgeometrierna måste göras. I de fall där golv och tak har lutning eller allmänt ojämna ytor väljer vi en typ av medelhöjd eller motsvarande. För cylindriska utrymmen anpassar vi geometrin genom att behålla volymen liksom höjden konstant och sedan anpassa längd och bredd till ett kubiskt eller rätblockformigt rum.

Vid inledande simuleringar i programmet visar det sig att ett kraftigt undertryck bildas i utrymmena. För att kompensera för detta måste en viss öppning placeras ut ifrån byggnaden. Att detta undertryck skulle bildas är orimligt då det generellt sett finns gott om läckage och öppningar i en byggnad, utöver dem man först tänker på. Vid en utrymningssituation kommer dessutom ytterligare ett antal dörrar att stå öppna ut mot det fria.

Bilaga 3

Utrymningstid

Utrymningstiden är uppdelad i tre deltider enligt nedan:

1. Varseblivning, personen upptäcker att något onormalt inträffat. Här spelar larmsignaler stor roll.
2. Beslut om reaktion, beror på många faktorer. Olika larmsystem kan även här spela roll i beslutsprocessen genom att påverka individen. Ett exempel på detta är talade larmmeddelanden med klara instruktioner om vad som skall göras.
3. Förflyttning, är främst beroende av diverse hinder och avstånd i utrymningsvägen, men även rent personliga faktorer såsom hjälpbehov och förflyttningsförmåga spelar stor roll.

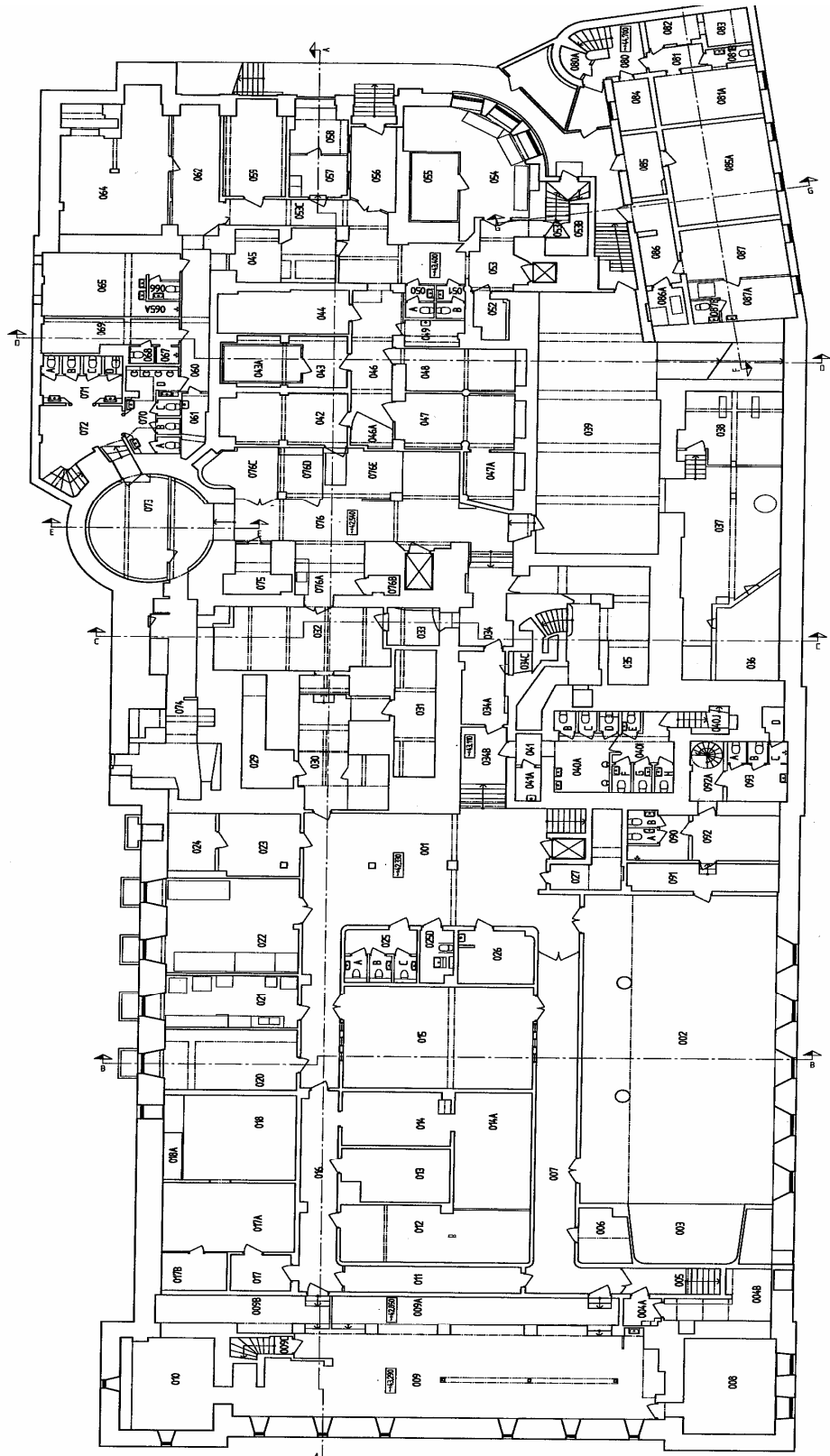
Summan av dessa tider bör vara mindre än tiden det tar innan kritiska förhållanden uppstår för att personsäkerheten vid utrymning skall kunna garanteras.

Med andra ord; $t_{\text{krit.förh}} > t_{\text{varseblivning}} + t_{\text{beslut+reaktion}} + t_{\text{förflyttning}}$

Var och en av dessa tider varierar ifrån fall till fall och beror både på yttre och inre omständigheter. Som exempel kan en person som sitter i en biosalong direkt bli varse om en brand då larmet går, men samtidigt vänta in i det sista med att lämna sin plats som hon/han har betalat för. Andra avgörande faktorer som påverkar de olika deltiderna är exempelvis funktionsuppdrag och inbördes roller. Som vakt på nattklubb har man ett visst ansvar att hjälpa till och underlätta utrymningen. I ett klassrum avvaktar den största delen av klassen för att se vad läraren gör.

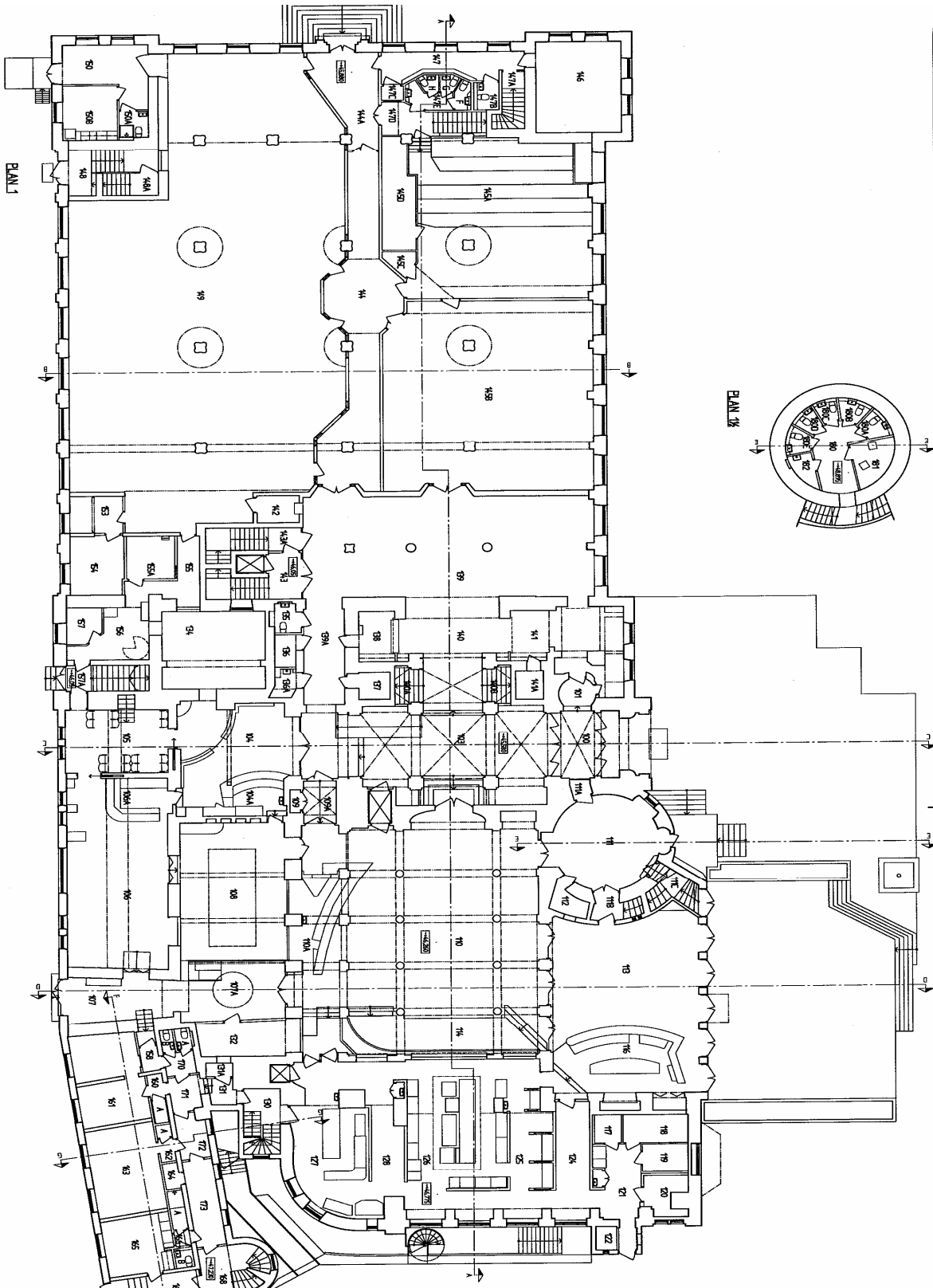
För våra valda brandscenarier kan det tänkas att oavsett om de befinner sig i Stora salen på en föreställning eller är på nattklubb så dröjer folk med att påbörja sin förflyttning. Exempelvis för att de har betalat pengar i inträde och gjort sig besväret att ta sig dit.

Bilaga4 Källarplan



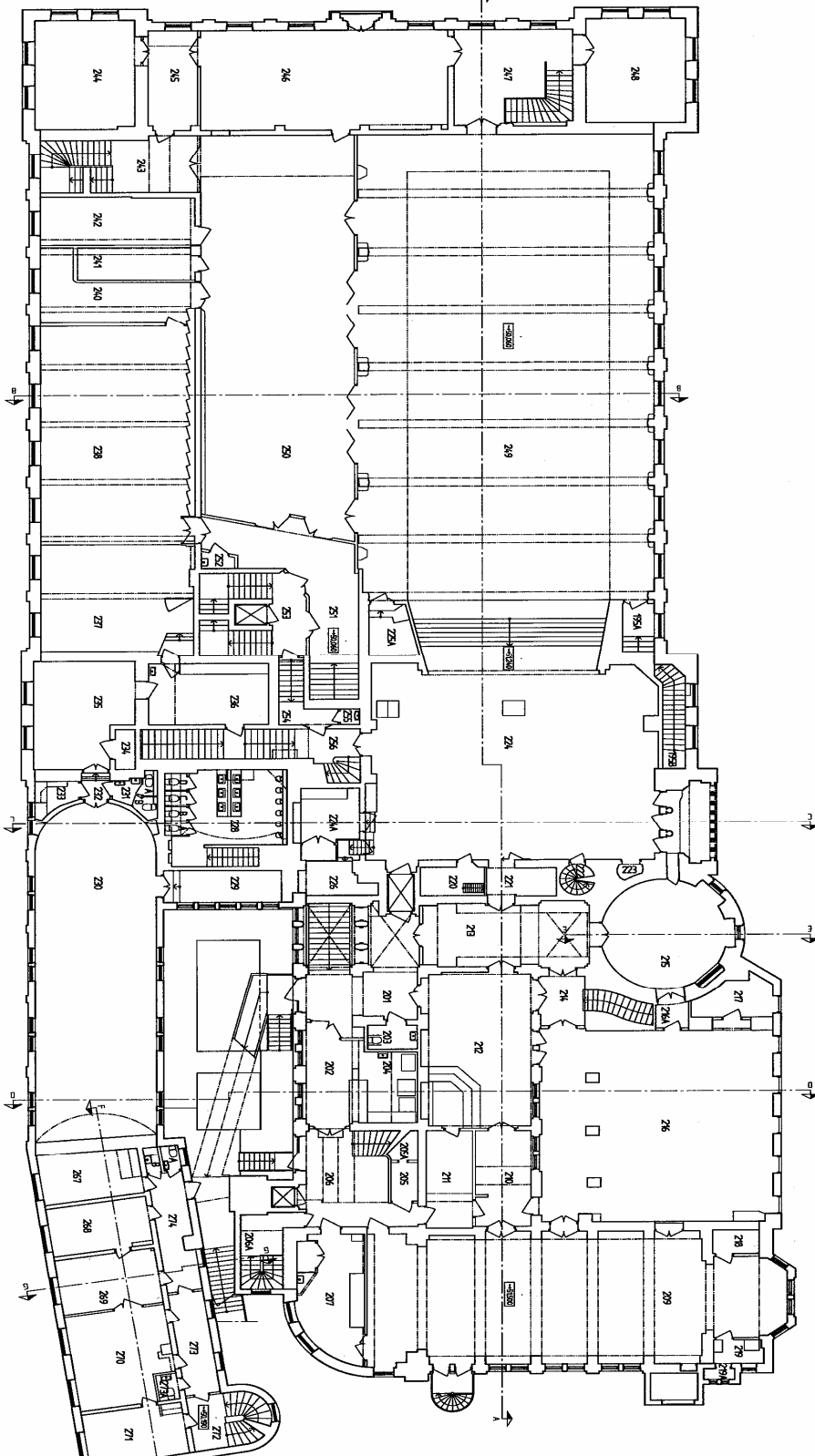
PLAN 0 Källarplan

Plan 1



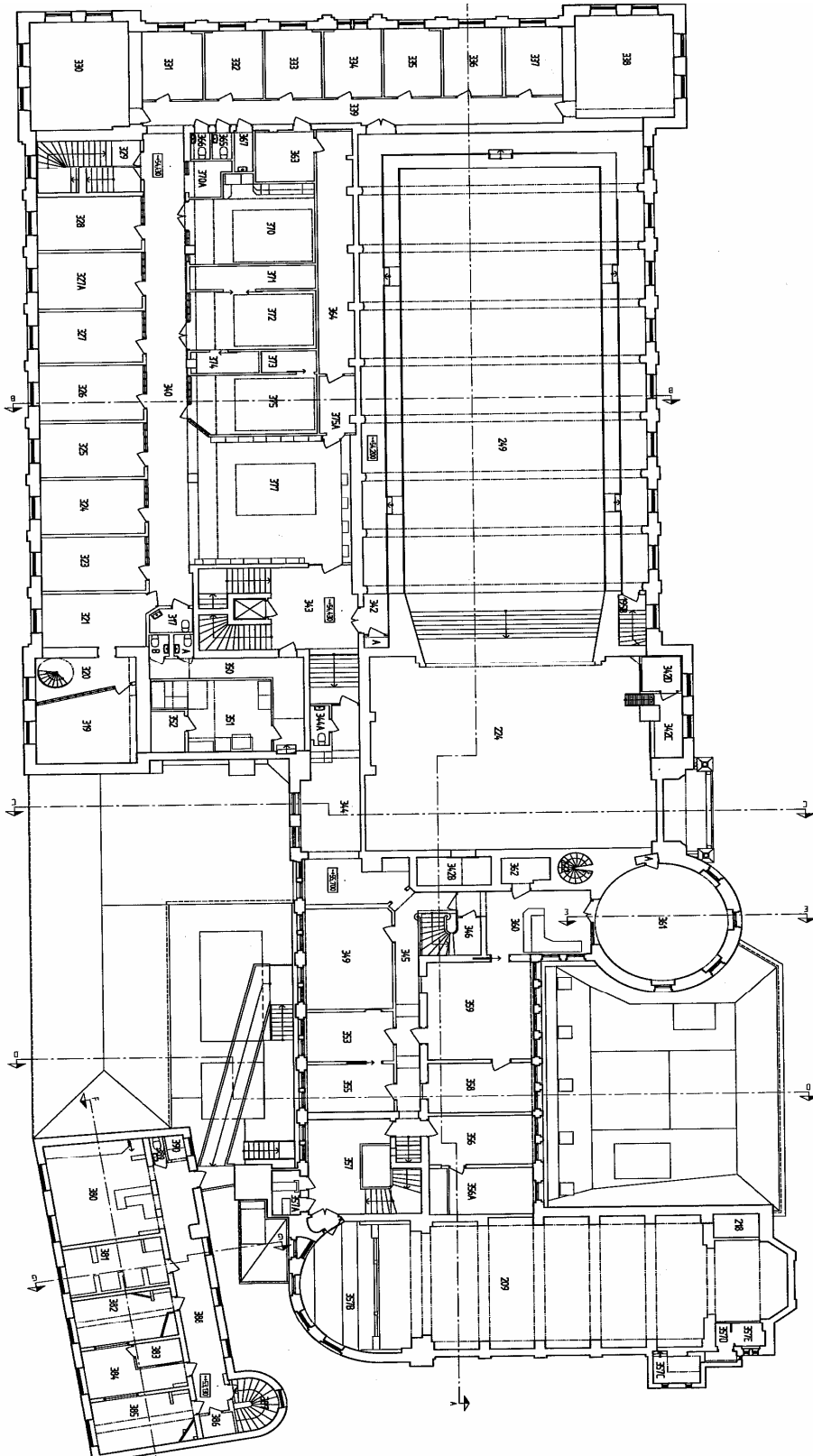
Plan 2

PLAN 2



Plan 3

PLAN 3



Bilaga 5

Krav i utvalda delar ur BBR

Dokumentation

(BBR 5:12) ”En brandskyddsdocumentation skall upprättas. Av denna skall framgå förutsättningarna för brandskyddet samt brandskyddets utformning (BFS 1 995:17)”

Brandteknisk klassning

(BBR 5:21) ”Byggnader skall utföras i klass Br1, Br2 eller Br3.”

I samma stycke i BBR kan man under rådsektionen utläsa ”Byggnader med tre eller flera våningsplan bör utföras i klass Br1”.

Klassbeteckningar

(BBR 5:221) ”Byggnadsdelar indelas i denna författning beroende på funktion i klasserna:

- *R Bärförmåga*
- *EI Integritet och isolering*
- *Beteckningarna återföljs av ett tidskrav 15, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240, 360 minuter.*
- *C för dörrar med automatisk stängningsanordning.”*

Utöver dessa beteckningar finns senare i paragrafen beteckningar avseende material, beklädnad och ytskikt. I de fallen anger beteckningarna egenskaper såsom antändlighet, materialets produktion av brandgaser vid brand samt benägenhet att avge brinnande droppar (vilket är fallet när t.ex. termoplaster brinner).

Brandcell

(BBR 5:232) ”Med brandcell avses en avgränsad del av en byggnad inom vilken en brand under en föreskriven minsta tid kan utvecklas utan att sprida sig till andra delar av byggnaden.”

Utrymningsväg

(BBR 5:233) ”En utrymningsväg skall vara en utgång direkt till gata eller motsvarande eller en utgång till terrass, gårdsplan e.d. från vilken gata eller motsvarande lätt kan nås. En utrymningsväg kan även vara ett utrymme i en byggnad som leder från en brandcell till en sådan utgång.”

Samlingslokal

(BBR 5:241) ”Med samlingslokal avses varje lokal eller grupp av lokaler inom en brandcell, där ett större antal personer med mindre god lokalkännedom kan uppehålla sig.”

I rådsektionen till paragrafen nämns även att en samlingslokal förutsätts rymma mer än 150 personer.

Utrymning vid brand

(BBR 5:31) Allmänt

”Byggnader skall utformas så att tillfredsställande utrymning kan ske vid brand.”

Tillgång till utrymningsväg

(BBR 5:311) ”Bostäder och lokaler... ...där personer vistas mer än tillfälligt skall ha minst två av varandra oberoende utrymningsvägar. Om bostaden eller lokalen har fler än ett våningsplan, skall det finnas minst en utrymningsväg från varje plan.”

Fönster som utrymningsväg

(BBR 5:312) ”I bostäder... ...kontor och därmed jämförliga utrymmen i en byggnad får en av utrymningsvägarna utgöras av fönster under förutsättning att utrymningen kan ske på betryggande sätt. Vid bedömning skall hänsyn tas till om räddningstjänstens utrustning kan användas vid utrymningen.”

Trapphus Tr2

(BBR 5:315) ”Med trapphus avses ett trapphus som är utformat så att det begränsar spridning av brand och brandgas till trapphuset under minst 60 minuter. Om trapphuset betjänar en byggnad som har högst åtta våningsplan, får dörrar till trapphuset utföras i lägre klass. Trapphuset får endast ha förbindelse med bostäder, kontor och därmed jämförliga utrymmen där personer vistas mer än tillfälligt genom ett utrymme i egen brandcell. (BFS 2002:19)”

Råd: Om trapphuset betjänar en byggnad med högst åtta våningsplan, är EI 30-C tillräckligt (för dörr).

Gångavstånd

Gångavstånd till utrymningsväg

(BBR 5:331) ”Gångavståndet inom en brandcell till närmaste utrymningsväg skall inte vara längre än att brandcellen kan utrymmas innan kritiska förhållanden uppstår.”

Gångavstånd inom utrymningsväg

(BBR 5:332) ”I en utrymningsväg skall gångavståndet till närmaste trappa som leder till annat våningsplan eller utgång som leder till gata eller motsvarande inte vara längre än att utrymning kan ske snabbt.”

Ytterligare studier av *Brandskyddshandboken*¹⁴ ger ett minsta gångavstånd till närmaste utrymningsväg på 15 meter i nattklubben (Danslokaler med alkoholservice), och 30 respektive 45 meter på övriga ställen i byggnaden, beroende på vart man befinner sig.

Framkomlighet

Passagemått i utrymningsväg

(BBR 5:341) ”Utrymningsvägar skall utformas med sådan rymlighet och framkomlighet att de kan betjäna det antal personer de är avsedda för.”

Råd: Bredden i utrymningsvägar bör inte understiga 0,9 meter. I utrymningsvägar från brandceller som är avsedda för fler än 150 personer bör bredden inte understiga 1,2 meter.

¹⁴ Brandteknik LTH (2002), *Brandskyddshandboken*, Brandteknik - LTH: Lund.

Dörr i utrymningsväg

(BBR 5:342) "Dörrar till eller i en utrymningsväg skall vara utåtgående i utrymningsriktningen och lätt identifierbara som utgångar."

Utrustning

Vägledande markering

(BBR 5:351) "Vägledande markeringar för utrymning skall finnas om berörda personer förväntas ha mindre god lokalkännedom såsom i... ..samlingslokaler. Vägledande markeringar skall finnas i sådan omfattning och vara placerade så att utrymning inte hindras av svårigheter att orientera sig i byggnaden. Skyltar skall placeras i anslutning till utgångsdörrar till och i utrymningsvägar. Skyltar skall utgöras av belysta eller genomlysta gröna skivor med tydliga vita symboler."

Allmänbelysning

(BBR 5:352) "Utrymningsvägar skall ha allmänbelysning som med tillfredsställande säkerhet kan fungera vid utrymning av byggnaden."

Nödbelysning

(BBR 5:353) "Nödbelysning skall möjliggöra utrymning på ett säkert och effektivt sätt även vid strömavbrott. Nödbelysning skall finnas i utrymningsvägarna i byggnader som innehåller... ..samlingslokal. Vägledande markeringar skall förses med nödbelysning, om det inte är uppenbart obehövt. Nödbelysningen skall fylla sin funktion i varje utrymningsväg som inte spärras av brand. Vid strömavbrott skall nödbelysningen ge avsedd belysning under minst 60 minuter."

Larmsystem

(BBR 5:3541) "I byggnader eller i delar av byggnader där krav på tidig upptäckt av brand ställs skall automatiskt brandlarm installeras. Detektering skall, där så är möjligt, ske med hjälp av rökdetektorer. Systemet skall ge signal till bemannad plats då personer finns i byggnaden."

Utrymningslarm

(BBR 5:3542) "I byggnader eller i delar av byggnader där utrymningslarm eller högtalaranläggning avsedd för utrymningsmeddelande erfordras, skall berörda personer kunna nås med information om lämpliga åtgärder vid utrymning. Vid strömavbrott skall anläggningens funktion kunna upprätthållas under minst 60 minuter. Vid akustiskt larm skall hörbarheten vara sådan att signaler eller meddelanden kan uppfattas i berörda delar av byggnaden."

Råd: I lokaler där personer inte kan förväntas ha kännedom om utrymningslarmet bör detta generera två skilda signaltyper, t.ex. ljud och ljus. Talade utrymningsmeddelanden bör föregås av en ej förväxlingsbar ljudsignal.

Skydd mot brandspridning inom brandcell

Ytskikt och beklädnad i utrymningsväg

(BBR 5:512) "Ytskikt och beklädnader i utrymningsvägar skall utföras i material som ger ett försumbart bidrag till brandspridning. I byggnader i klass Br1 och Br2 skall takytor och

invändiga väggytor i utrymningsvägar ha ytskikt av klass B-s1, d0 (klass I). Ytskiktet skall fästas på material i klass A2-s1, d0 (obrännbart material) eller på tändskyddande beklädnad. I utrymningsvägar från samlingslokaler och byggnader i klass Br1 skall golvbeläggningsen vara utförd i material med måttlig benägenhet att sprida brand och utveckla brandgas (BFS 2002:19)”

Ytskikt och beklädnad i vissa lokaler

(BBR 5:513) ”Golvbeläggningsen i samlingslokaler och lokaler för brandfarlig verksamhet skall vara utförd i material med måttlig benägenhet att sprida brand och utveckla brandgas. (BFS 2002:19)”

Skydd mot brand- och brandgasspridning mellan brandceller

Brandcellsindelning

(BBR 5:61) ”Byggnader skall delas in i brandceller åtskilda av byggnadsdelar som hindrar spridning av brand och brandgas. Varje brandcell skall omfatta ett rum – eller sådana sammanhängande grupper av rum – i vilka verksamheten inte har omedelbart samband med annan verksamhet i byggnaden.”

Brandteknisk klass på brandcellsavskiljande byggnadsdel

(BBR 5:62) ”Brandcellsskiljande byggnadsdelar skall vara täta mot genomsläpp av flammor och gaser och vara så värmeisolerande att temperaturen på den av brand opåverkade sidan inte medför risk för brandspridning. Byggnadsdelen skall utformas så att den upprätthåller sin avskiljande funktion under den tidsperiod som anges i kraven på brandteknisk klass för byggnadsdelar i avsnitt 5:621 (dimensionering genom klassificering) med brandpåverkan enligt SIS 02 48 20 (2) eller enligt dimensionering baserad på modell av naturligt brandförlopp.”

Brandteknisk klass

(BBR 5:6211) ”Byggnad i klass Br1. Byggnadsdelar skall utföras i lägst den brandtekniska klass som anges i nedanstående tabell (a)...”

Tabellen i fråga visar att en brandbelastning lägre än 200 MJ/m² kräver brandcellsavskiljande byggnadsdel i klass EI 60.

(BBR 5:6214) ”För byggnader i klass Br1 får dörrar o.d. mellan... ..brandceller och utrymningsvägar utföras i lägst klass EI 30.”

Brandtekniska alternativ

(BBR 5:6213) ”Brandteknisk klass EI får bytas mot E, om avståndet till gångstråk för utrymning och till brännbart material är tillräckligt för att utrymningssäkerheten inte skall försämrats eller risken för brandspridning öka.”

Åtkomlighet för räddningstjänsten

(BBR 5:94) ”Om gatunät eller motsvarande inte ger åtkomlighet för räddningstjänstens fordon i samband med utrymning och släckinsats, skall en särskild körväg (räddningsväg) ordnas. Denna skall vara skyltad och ha uppställningsplatser som rymmer erforderliga fordon. (BFS 1995:17)”

Råd: Om utrymning förutsätts ske med maskinstege eller hävare, bör avståndet från gatan eller räddningsvägen från husväggen vara högst 9,0 meter. (BFS 1995:17)

Jämförelse med BBR

Allmänt

Boverkets byggregler, BBR¹⁵, är en författning innehållande föreskrifter och allmänna råd till bland andra *Plan- och bygglagen* och *Lagen om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk*. Föreskrifterna gäller vid nybyggnation, tillbyggnation, mark- och rivningsarbeten samt för tomter som tas i anspråk för bebyggelse. De allmänna råden är rekommendationer av hur man kan eller bör handla för att uppfylla föreskrifterna.

Jämförelse

För denna rapport ligger fokus primärt på att genom analytisk dimensionering utvärdera huruvida AF-borgens brandskydd med avseende på personsäkerhet uppfyller av samhället ställda krav. Vi väljer att jämföra befintligt brandskydd med reglerna uppställda i BBR. De krav som tas upp av BBR-2002 gäller ej retroaktivt för gamla byggnader, men i och med de ständiga renoveringarna och ombyggnaderna i huset innefattas stora delar av AF-borgen trots allt av BBR-2002. Nedan följer en beskrivning av AF-borgens brandskydd utifrån vissa valda paragrafer. För riktlinjer och krav enligt BBR, se bilaga 13

Brandskyddsdocumentation

Vi har tagit del av befintligt ritningsunderlag inklusive brandcellsindelning för AF-borgen samt brandskyddsdocumentation utförd av Fire Safety Design AB. Detta underlag täcker hela byggnaden. För ventilationen i byggnaden finns enbart ritningar över de nybyggda delarna på plan 1 att tillgå.

Brandteknisk klassning:

AF-borgen uppfyller de kriterier som av BBR är beskrivna för en byggnad av brandteknisk klass Br 1. Byggnaden innehåller både fler än tre våningsplan samt har samlingslokal på andra planet.

Samlingslokal:

AF-borgen innehåller ett flertal samlingslokaler. Både nattklubben samt de lokaler som används för fester och föreställningar är avsedda att rymma fler än 150 personer.

Utrymning vid brand:

Utrymning sker med fördel direkt ut till det fria men får även ske ifrån en brandcell till en annan för att den skall anses som acceptabel. Byggnaden är gammal och inte byggd efter BBR-2002 vilket har tvingat fram att antal alternativa lösningar. Som exempel har en av lokalerna i källaren enbart två utgångar som leder ut till samma korridor. Då har man helt enkelt delat upp korridoren i två delar med en brandcells dörr i mitten, så att varje utgång leder till en egen brandcell.

Åtkomlighet för räddningstjänsten:

Räddningstjänsten i Lund kan antas nå alla våningar och fönster från respektive sida av byggnaden med sin 30 meter höga stegbil, och en av utrymningsvägarna på våning 5 förutsätter just detta fordon.

¹⁵ Boverket (2002), *Boverkets Byggregler, BBR*, Boverket: Vällingby.

Gångavstånd inom utrymningsväg:

Eftersom Tegnér räknas som en nattklubb med alkoholservice gäller det att minsta gångavstånd till närmaste nödutgång ut i det fria eller in i en annan brandcell inte överstiger 15m. Det finns punkter inne på nattklubben där detta krav inte uppfylls.

Passagemått i utrymningsväg:

För dörrar i utrymningsväg från samlingslokaler gäller att deras bredd inte understiger 1,2 meter. Kravet uppfylls i samtliga större lokaler i byggnaden.

Vägledande markering:

Skylltningen i utrymningsvägarna i de områden av AF-borgen som vi har prioriterat för denna rapport är omfattande, rentav föredömlig.



Figur 44, bild på utrymnings skylt

Allmänbelysning:

Återigen uppfylls uppställda krav.

Automatiska brandlarm:

Optiska rökdetektorer kopplade till larmsystemet finns utplacerade i byggnaden.

Utrymningslarm:

I de publika delarna av våning 1 och 2 består larmsignalen av ett talat meddelande som upplyser om utrymning på både svenska och engelska. Samtidigt avges ljusblixtar. I övriga delar av byggnaden ljuder en klocka vid larm.

Bilaga 6

Stora salen

Inventerat material:	Antal	HRR	Källa
1 Förvaringslådor (trä)	2st	1 MW	EFD ¹⁶
2 Spiraltrappa	1st	2 MW	EFD
3 Garderob (med tyger)	1st	3 MW	IBR Y3.1-10-12 ¹⁷
4 Balkar (0,1x0,1x10)m	3st	1 MW	
5 Träpallar på träställning(5feet)	1st	4 MW	EFD
6 Träskrivbord med hurts	1st	1 MW	IBR Y0/20-21
7 Ytbeklädnad, trä+plywood	vägg+tak	2 MW	IBR 03/21
8 Kartong (full med tyger)	1st	1 MW	
9 Stor papperskorg	1st	0,2 MW	EFD
10 Presenningar	4st	1 MW	
11 Material motsvarande träpall	1st	2 MW	EFD
12 Träbur med trappa till scenen	1st	2 MW	EFD
13 Ytbeklädnad (träfiber mot scentrappa)helvägg		0,5 MW	IBR 04/25-26
14 Trästöttepelare	4st	1 MW	EFD
15 Trälådor ca 20kg/st	3st	2 MW	EFD
Summa		23,7 MW	

¹⁶ Karlsson, B., Quintiere, J. G. (2000), *Enclosure Fire Dynamics*, CRC Press: Boca Raton.

¹⁷ Särndqvist, S. (1993), *Initial Fires*, Brandteknik - LTH: Lund.

Bilaga 7

Handberäkning ventilationskontrollerad brand i Tegnér's övre garderob.

$$\dot{m}_a = 0,5 A_0 H_0^{1/2}$$

$$A_0 = \Sigma A = 1,7*2 + 1,38*2 + 0,7*1,3 = 7,07 \text{ m}^2$$

$$H_0 = (\Sigma A * h) / A_0 = (1,7*2*2 + 1,38*2*2 + 0,7*1,3*1,3) / 7,07 = 1,91$$

$$\dot{m}_a = 0,5 * 7,07 * 1,91^{1/2} = 4,8855 \text{ kg/s}$$

Luft innehåller 21 % syre. 1 kg syre bidrar med 13,1 MJ

Om man antar att allt syre deltar i förbränningen ger detta:

$$\dot{Q} = 0,21 * \dot{m}_a * 13,1 = 0,21 * 4,8855 * 13,1 = 13,44 \text{ MW}$$

Förenklad formel från Brandskyddshandboken¹⁸ som jämförelse:

$$\dot{Q} = 1500 A_0 H_0^{1/2} = 1500 * 7,07 * 1,91^{1/2} = 14,7 \text{ MW} \text{ vilket är ganska likt.}$$

Som dimensionerande brand har vi dock valt 13,44 MW.

¹⁸ Brandteknik LTH (2002), *Brandskyddshandboken*, Brandteknik - LTH: Lund.

Bilaga 8

Förutsättningar för Simulex vid scenario Stora salen

Allmänt

För samtliga simuleringar är reaktionstiden för besökare 15 sekunder med undantag för Stora salens besökare som är 30 sekunder.

Fall 1, maxantal

Våning 1

Café Athén, 700 personer

- 464 personer som går till huvudutgången
- 116 personer till utrymningsväg sidoutgång café Athen
- 115 personer till utrymningsväg bakre utgång café Athen
- 5 personer till nödutgången från köket i café Athen

Våning 2

Stora salen, 855 personer (exklusive 95 läktarplatser vån3)

- 137 personer till sidoutgång som leder till huvudtrappa i foajén
- 523 personer till huvudutgången
- 137 personer till bakre trappan med trappa till plan 1
- 58 personer till bakre sidoutgången med trappa till plan 1

Sångsal, 75 personer:

- 75 personer till huvudutgången

Festvåning, 300 personer

- 60 personer till nödutgång spiraltrappa som leder ut till det fria
- 60 personer till sidoutgång som leder ut till det fria
- 180 personer till huvudutgången

Våning 3

Läktarplatser, 95 personer

- 95 personer på Stora salens läktare

Totalt antal personer	:2033 st
Tid för utrymning enligt simulex	:10.26 min

Fall 2, troligt antal människor

Våning 1

Café Athén, 306 personer

- 174 personer huvudutgången
- 58 personer till utrymningsväg sidoutgång café Athén
- 68 personer utrymningsväg bakre utgång café Athén
- 6 personer till nödutgången från köket i café Athen

Tegners, 10 personer

- 10 personer utrymmer genom köksutgångar

Våning 2

Sångsal, 20 personer

- 20 personer till huvudutgången

Festvåningen, 150 personer

- 32 personer till spiraltrappa som leder ut till det fria
- 21 personer till sidoutgång som leder ut till det fria
- 97 personer till huvudutgång

Stora salen 605 (exklusive 95 läktarplatser)

- 382 personer till huvudutgången (varav 46 till trapphus hiss)
- 57 personer till sidoutgång som leder till huvudtrappa i foajen
- 9 personer scen default distmap
- 77 personer till bakre trappan med trappa till plan 1
- 80 personer till bakre sidoutgången med trappa till plan 1

Konserternsalen, 10 personer

- 10 personer utrymmer genom trapphuset till huvudutgång

Våning 3

Läktarplatser, 95 personer

- 38 personer till trapphus och huvudutgång
- 21 personer till trappa och sidoutgång på plan 2
- 36 personer till sidoutgång och trapphus i foajén

Övriga våningsplan

Övriga våningsplan, 20 personer

- 20 personer övre plan till huvudutgång via trapphus

Totalt antal personer :1208
Tid för utrymning enligt simulex :6.29 min

Fall 3, troligt antal människor med blockering av nödutgång

Våning 1

Café Athén, 306 personer

- 174 personer till huvudutgång
- 68 personer utrymningsväg bakre utgång café Athén
- 58 personer till utrymningsväg sidoutgång café Athén
- 6 personer till nödutgången från köket i café Athen

Tegnérs, 10 personer

- 10 personer utrymmer genom köksutgångar

Våning 2

Stora salen, 605 (exklusive 95 läktarplatser)

- 37 personer till sidoutgång som leder till huvudtrappa i foajen därefter blockerad av brand
- 67 personer till huvudutgången (varav 19 till trapphus) därefter blockerad av brand
- 279 personer till bakre trappan med trappa till plan 1
- 213 personer till bakre sidoutgången med trappa till plan 1
- 9 personer scenen (valfri utgång)

Konserteral, 10 personer

- 10 personer via trapphus till huvudutgång

Sångsal, 20 personer

- 20 personer till huvudutgång

Festvåning, 150 personer

- 32 personer till spiraltrappa som leder till det fria
- 21 personer till sidoutgång som leder till det fria
- 97 personer till huvudutgången

Våning 3

Läktarplatser, 95 personer

- 38 personer till huvudutgång via trappa
- 21 personer nödutgång
- 36 personer sidoutgång till huvudutgång
- 20 personer övre plan till huvudutgång via trapphus

Totalt antal personer :1208
Tid för utrymning enligt simulex :10.40 min

Bilaga 9

Förutsättningar för Simulex vid scenario Tegnér's

Fall 1, maxantal

Tegnér's nattklubb, 750 personer:

- 500 personer tar sig ut genom Tegnér's huvudentré i rum 113. Responstid 30 sekunder +/- 15.
- 50 personer tar sig via korridor 109A, ut genom AF-borgens stora entré i rum 100. Responstid 30 sekunder +/- 15.
- 90 personer tar sig ut genom nödutgång i rum 105. Responstid 30 sekunder +/- 15.
- 90 personer tar sig ut genom nödutgång i korridor 107. Responstid 30 sekunder +/- 15.
- 20 personer, personal, kan välja valfri utrymningsväg. Responstid 100 sekunder +/- 15.

Nya Fest och Lilla Salen, 300 personer:

- 200 personer tar sig ner via trappa 140A och ut genom stora entrén i rum 100. Responstid 15 sekunder +/- 0,5.
- 50 personer tar sig ut genom spiraltrappan i rum 209 och är därmed ute i det fria. Responstid 15 sekunder +/- 0,5.
- 50 personer tar sig ut från rum 201 via gångbro och är därmed ute i det fria. Responstid 15 sekunder +/- 0,5.

Tegnér's nattklubb är helt folktom redan efter 3 minuter och 20 sekunder.

Fall 2, troligt antal människor

Tegnér's nattklubb, 600 personer:

- 400 personer tar sig ut genom Tegnér's huvudentré i rum 113. Responstid 30 sekunder +/- 15.
- 75 personer tar sig ut genom nödutgång i korridor 107. Responstid 30 sekunder +/- 15.
- 75 personer tar sig ut genom nödutgång i rum 105. Responstid 30 sekunder +/- 15.
- 30 personer tar sig via korridor 109A, ut genom AF-borgens stora entré i rum 100. Responstid 30 sekunder +/- 15.
- 20 personer, personal, kan välja valfri utrymningsväg. Responstid 100 sekunder +/- 15.

Nya Fest och Lilla Salen, 100 personer:

- 66 personer tar sig ner via trappa 140A och ut genom stora entrén i rum 100. Responstid 15 sekunder +/- 0,5.
- 19 personer tar sig ut genom spiraltrappan i rum 209 och är därmed ute i det fria. Responstid 15 sekunder +/- 0,5.
- 15 personer tar sig ut från rum 201 via gångbro och är därmed ute i det fria. Responstid 15 sekunder +/- 0,5.

Övrigt folk utspridda i AF-borgen, 50 personer:

- 30 personer antas befinna sig ovanför våning 3 och tar sig ut via hisschaktstrappan i rum 143 och ut genom stora entrén i rum 100. Responstid 15 sekunder +/- 0,5.
- 10 personer som befinner sig i sångsalen (rum 230), tar sig ut genom nödutgång i rum 201 och är därmed ute i det fria. Responstid 15 sekunder +/- 0,5.
- 10 personer i gökrummet (rum 134) tar sig ut via rum 104 ut till AF-borgens stora entré i rum 100. Responstid 15 sekunder +/- 0,5.

Tegnér's nattklubb är utrymd efter 2 minuter och 51 sekunder.

Fall 3, troligt antal människor med blockerad utrymningsväg.

Tegnér's 600 personer:

- 20 personer, personal, kan välja valfri utrymningsväg. Responstid 100 sekunder +/- 15.
- 140 personer tar sig via korridor 109A, ut genom AF-borgens stora entré i rum 100 responstid 30 sekunder +/- 15.
- 175 personer tar sig ut genom nödutgång i rum 105. Responstid 30 sekunder +/- 15
- 265 personer tar sig ut genom nödutgång i korridor 107. Responstid 30 sekunder +/- 15.
- 10 personer i gökrummet tar sig ut genom nödutgång i rum 105. Responstid 30 sekunder +/- 15

Tegnér's nattklubb är utrymd efter 3 minuter och 39 sekunder.

Fall 4, maxantal med blockering av utrymningsväg

Tegnér's 750 personer:

- 20 personer, personal, kan välja valfri utrymningsväg. Responstid 100 sekunder +/- 15.
- 140 personer tar sig via korridor 109A, ut genom AF-borgens stora entré i rum 100. Responstid 30 sekunder +/- 15.
- 237 personer tar sig ut genom nödutgång i rum 105. Responstid 30 sekunder +/- 15
- 331 personer tar sig ut genom nödutgång i korridor 107A.
- Responstid 30 sekunder +/- 15.

Utrymning av nattklubben tog 4 minuter och 17 sekunder.

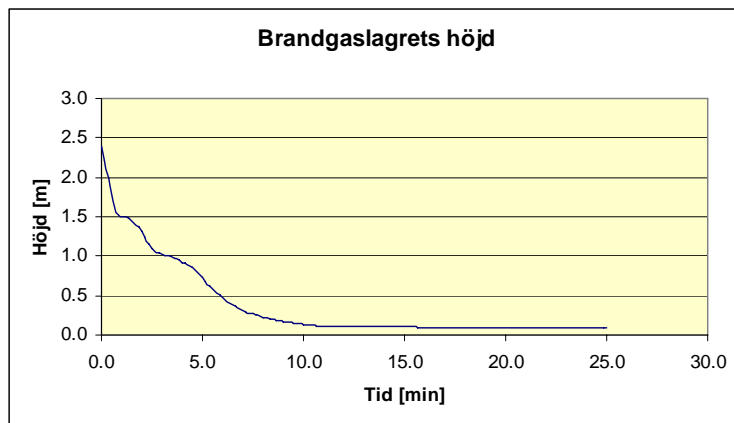
Anpassning av ritningar

På grund av tidigare nämnda begränsningar i programmet är viss förändring av ritningarna nödvändig för att få ett resultat som bättre stämmer överens med verkligheten. Vad vi gjort är att två av de tre nödutgångarna närmast garderoben är obrukbara (nödutgångarna 1:19 och 1:20 enligt utdelat ritningsunderlag). Genom en avskiljande stömlinje hindras folk att gå nära brandrummet med liknelsen av att folk undviker värmestrålning och rök från dörröppningarna. I det stora trapphuset innanför huvudentrén har ytterliggare en stömlinje lagts till. Detta för att de utrymmande personerna skall kunna utnyttja golvytorna på ett mer verklighetstroget sätt.

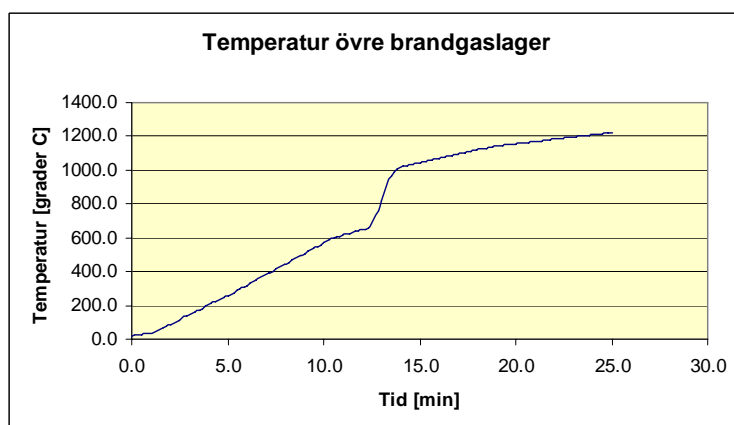
Bilaga 10

El-central, brandrum 1

Fall 1



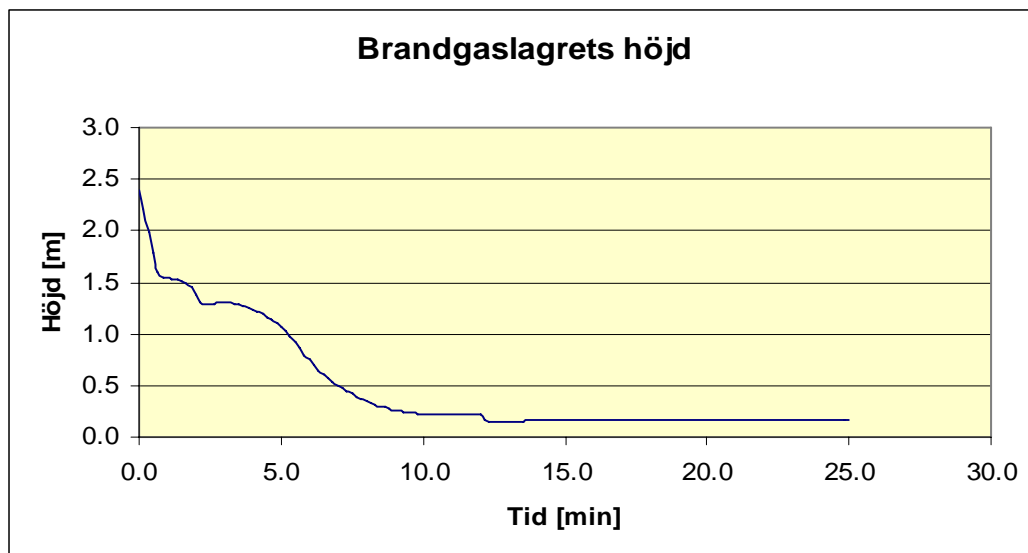
Figur 45, brandgaslagrets höjd i brandrummet



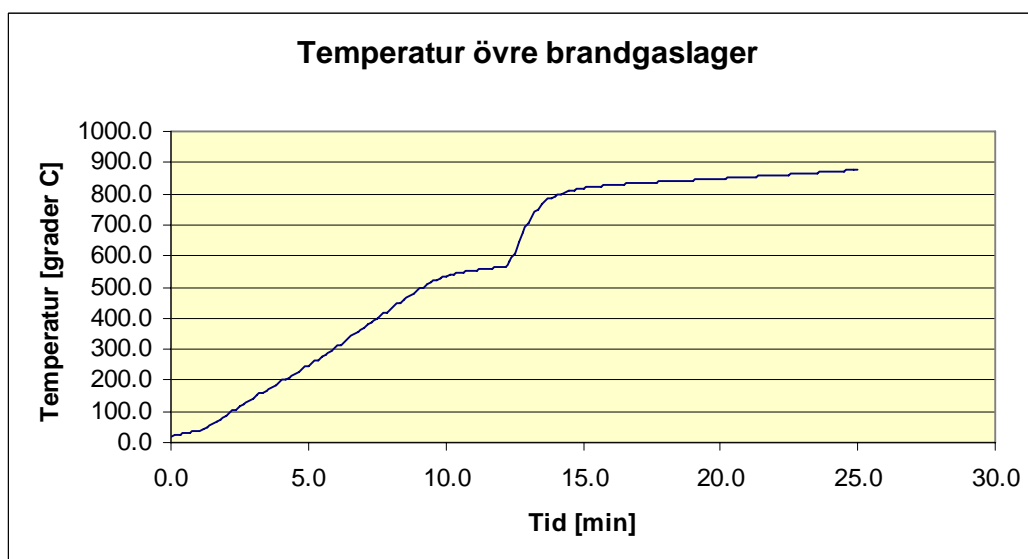
Figur 46, temperatur i brandrummet

Vi ser att tillförlitligheten av ovanstående resultat kan ifrågasättas då brandrummet liknar en enzonmodell snarare än den för CFAST förutsatta tvåzonsmodellen.

Fall 2

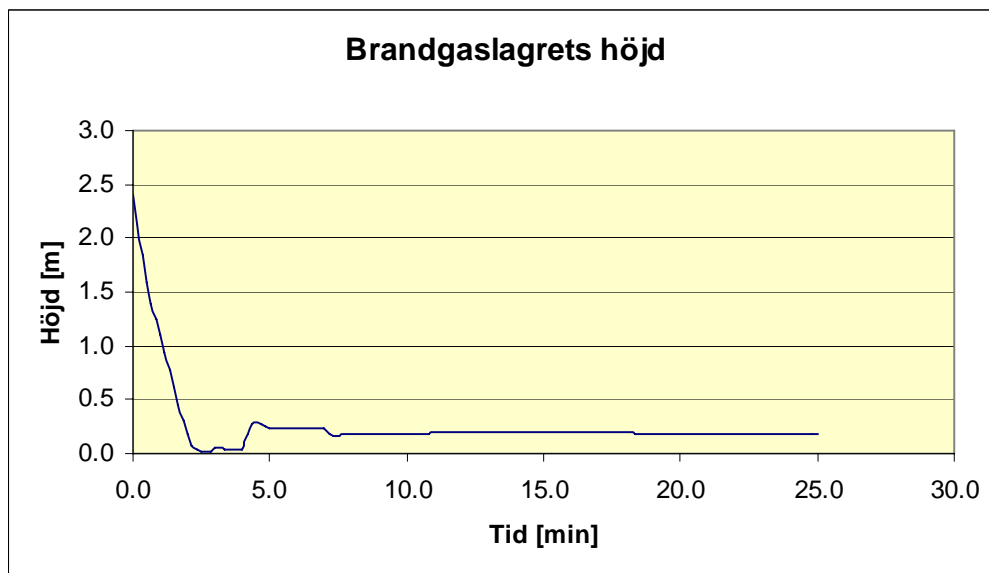


Figur 47, brandgaslagrets höjd i brandrummet

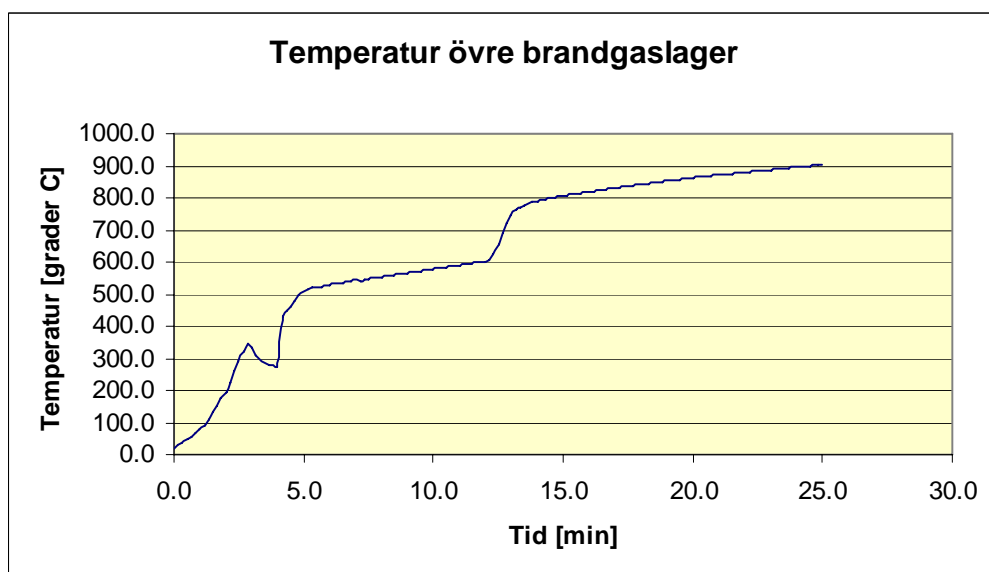


Figur 48, temperatur i brandrummet

Fall 3

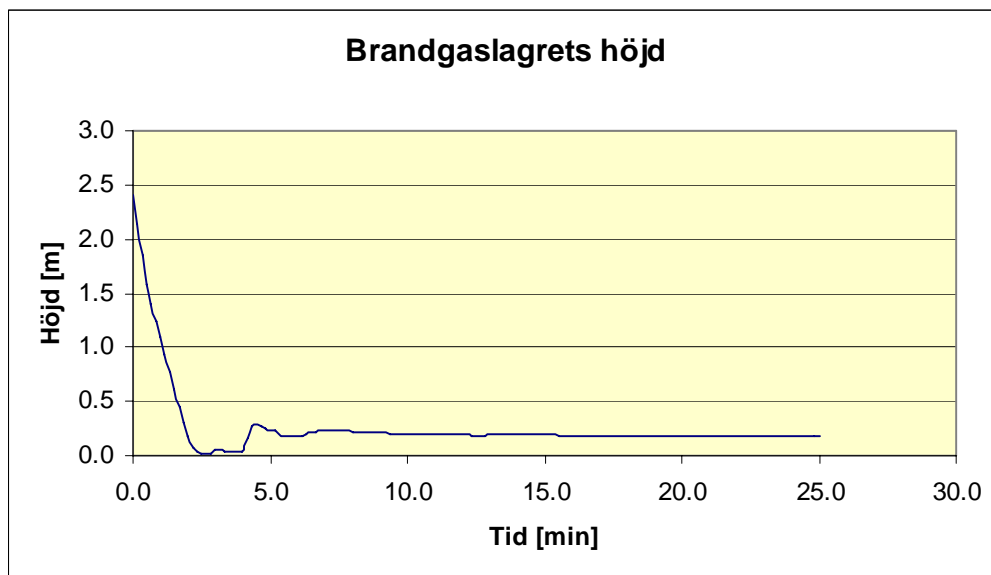


Figur 49, brandgaslagrets höjd i brandrummet

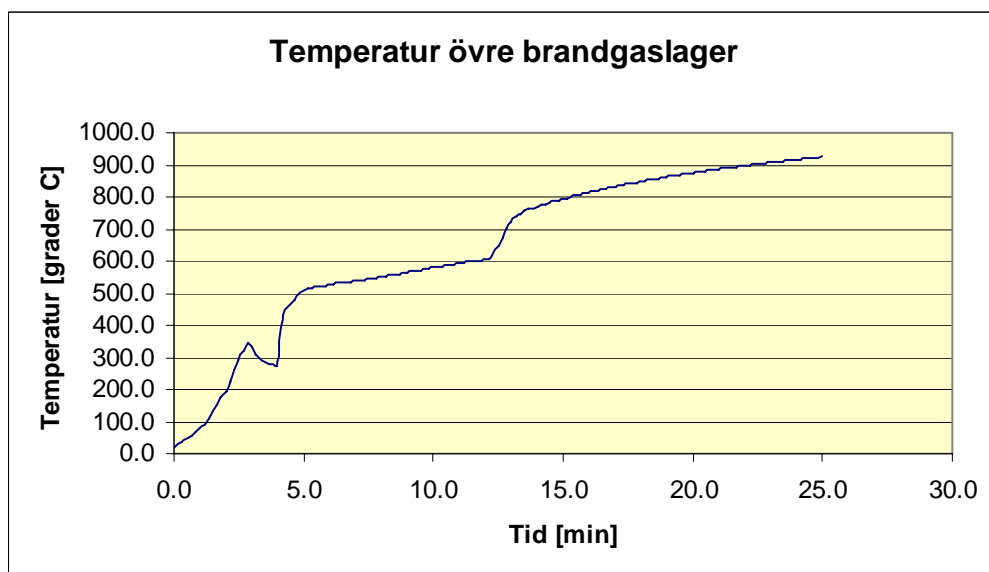


Figur 50, temperatur i brandrummet

Fall 4



Figur 51, brandgaslagrets höjd i brandrummet



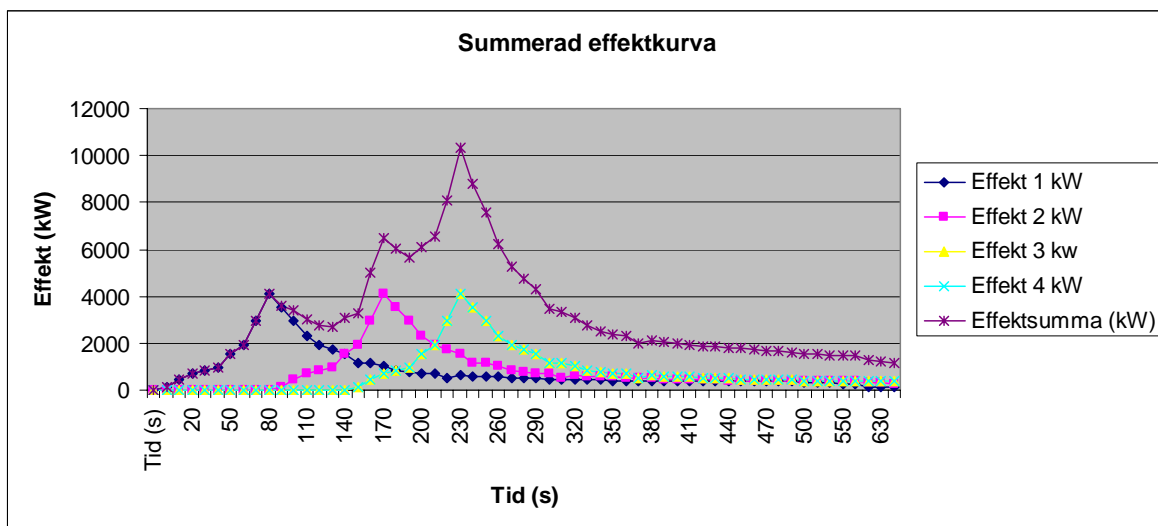
Figur 52, temperatur i brandrummet

Bilaga 11

I tre av fallen vi tittar närmare på i CFAST låter vi vald effekt växa till sitt maximala värde för att sedan hålla sig på en konstant nivå simuleringen ut. Från jämförelser med andra försök¹⁹ och verkliga bränder vet vi att branden inte fortgår med konstant maximal effekttutveckling tiden ut. För att få med detta i vår simulering görs ett försök att utifrån existerande data konstruera en sådan brand. Tegnér's garderobsrum i markplanet innehåller fyra likadana klädrack som i försöket.

Initialt antänds ett rack. Efter 90 sekunder antänds nästa rack, efter ytterligare 60 sekunder antänds de båda återstående racken samtidigt. Dessa tider är rena antaganden som bygger på att med ökad effekt ökar strålningsintensiteten och därmed sjunker tiden för antändning av intilliggande rack. Att göra en beräkning på strålningsintensitet med synfaktor inblandat bygger på att vi känner till geometrin på uppställningen av racken. Då denna uppställning är okänd och kan variera, approximerar vi istället tiderna för brandspridning i rummet.

De uppnådda individuella effekterna för varje rack summeras momentant, och vi får fram en total effektkurva enligt figur 40.



Figur 53, Summerad effektkurva

Denna metod bygger på antaganden, men den resulterande effektkurvan ger ändå en resultatbaserad fingervisning om ett tänkbart brandförlopp.

Karakteristiskt för den erhållna kurvan är att den i det närmaste följer ett ultrafast α^2 tillväxtförlopp, har en topp effekt på 11,5 MW, samt därefter avtar.

Osäkerheterna med resultatet ligger framför allt i de antagna antändningstiderna för övriga klädrack, samt att ventilationsförhållandena under det ursprungliga försöket var annorlunda jämfört med de i garderobsrummet på Tegnér's.

¹⁹ Johansson B (2004) *Analys av utrymnings säkerheten vid brand hos nattklubben Underbar i Skellefteå, Rapport 5135, Brandteknik - LTH: Lund*

För att erhålla ett riktigt bra resultat på den sökta brandkurvan bör ett fullskaligt försök med ett likadant rum innehållande 400 jackor utföras.

Kurvan används som en del i vår känslighetsanalys i CFAST-beräkningarna tillsammans med de två ovan nämnda fast och ultrafast kurvorna.

Bilaga 12

En viktig parameter vi vill kontrollera är huruvida huvudingången till Tegnér's slås ut av branden eller inte. Detta gör vi med hjälp av handberäkningar.

Öppningen i brandrummet approximeras till en svart kropp det vill säga $\varepsilon = 1$, samt delas upp i 4 lika rektanglar. Avståndet D i beräkningen är avståndet mellan öppningen och bardisken mitt emot. Dimensionerande strålningsintensitet sätts till 10 kW/m^2 .

Detta är vad en människa maximalt kan uthärda under en mycket kort stund, och om vi uppnår denna strålningsintensitet vid bardisken lär det knappast bildas några köer här.

$$E = \varepsilon\sigma\Phi T^4$$

$$\varepsilon = 1 \quad \sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$$

$$\Phi \text{ beräknas med hjälp av tabell. } L_1 = 0,45 \quad L_2 = 1,05 \quad D = 6,26 \quad (\text{m})$$

$$S = L_1 / L_2 \approx 0,4$$

$$\alpha = (L_1 * L_2) / D^2 \approx 0,01$$

$$\Phi_1 \text{ kan nu utläsas till } 0,003$$

$$4 \text{ rektanglar ger } \Phi 4 * 0,003 = 0,012$$

$$E = \varepsilon\sigma\Phi T^4$$

$$E \text{ sätts till } 10000 \text{ kW/m}^2$$

$$\text{Detta ger att } T = (E / \varepsilon\sigma\Phi)^{1/4} = 1958 \text{ K} = 1685^\circ \text{ C, vilket är en klart rimlig flamtemperatur.}$$

Vi anser det härmed vara befogat att göra simuleringar där huvudentrén är utslagen.

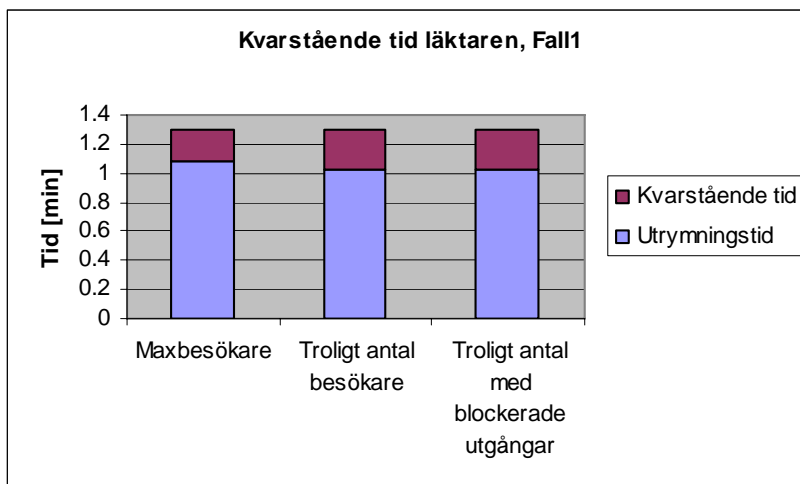
Fotnot: samtliga formler och tabellvärden är hämtade ur Fire Dynamics (Drysdale 2003)

Bilaga 13

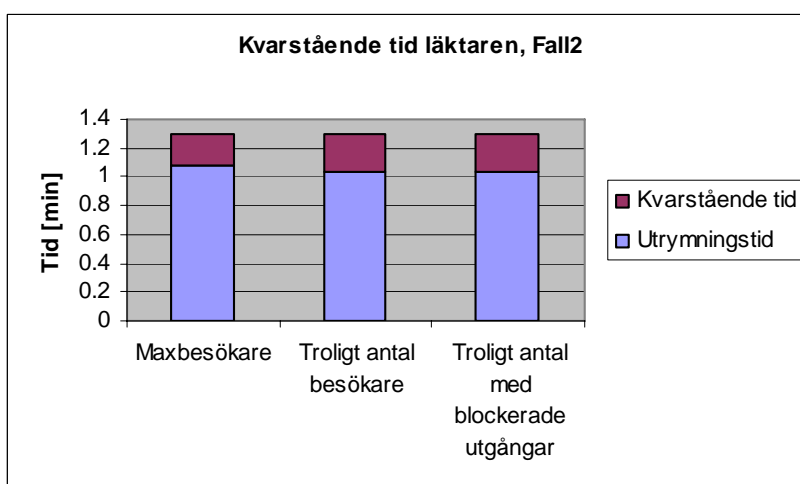
Nedan visas diagram för utrymningstid och kvarstående tid för detektion och fördröjning av larmet för att utrymning ska kunna ske före kritiska förhållanden uppstår. Den tiden bör jämföras med tidigare nämnda värden i avsnittet om detektion. Tiden för utrymningslarmets start kan variera från 2 till cirka 7minuter. Här har villkoren i BBR för säker utrymning gällande strålning och brandgaslagrets höjd kontrollerats för vilket av de kriterier som skulle uppstå först. Det har visat sig att kravet om brandgaslagrets höjd först styr villkoret för säker utrymning. Gällande krav i BBR angående brandgaslagrets höjd: $1,6 + (0,1 \cdot h)$ där h är höjden i rummet.

Läktarplatser

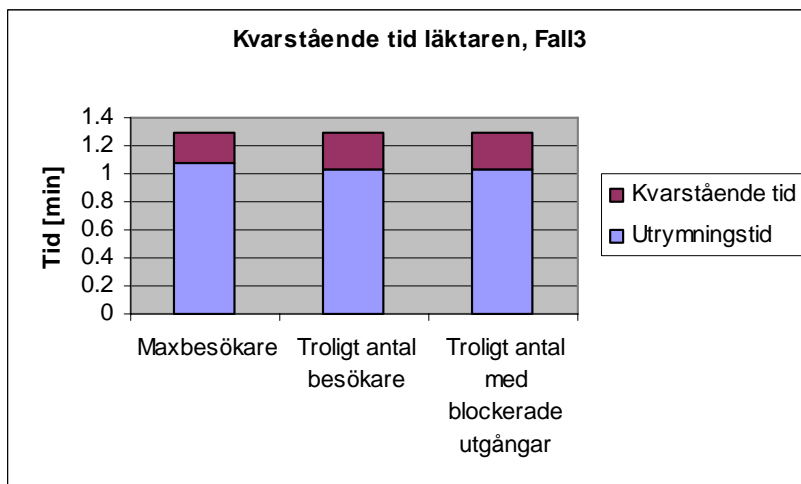
För läktarplatserna gäller villkoret: $1,6 + (0,1 \cdot 2,4) = 1,84m$



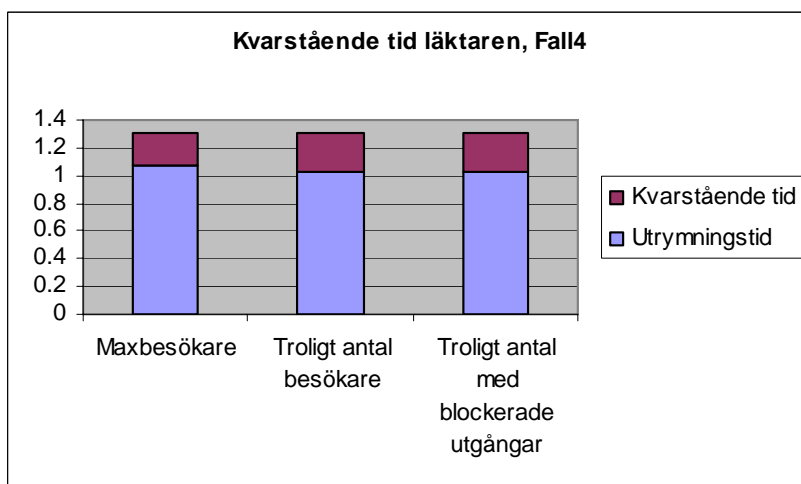
Figur 54, uppskattning av kvarstående tid för detektion, läktare, fall 1



Figur 55, uppskattning av kvarstående tid för detektion, läktare, fall 2



Figur 56, uppskattning av kvarstående tid för detektion, läktare, fall 3

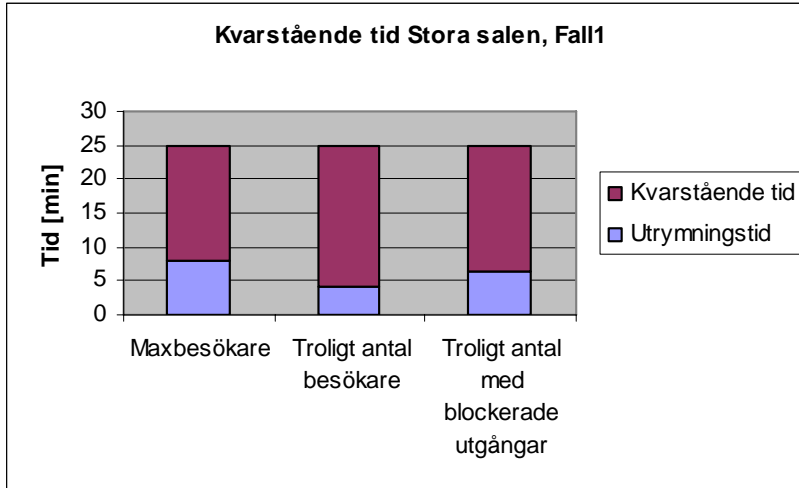


Figur 57, uppskattning av kvarstående tid för detektion, läktare, fall 4

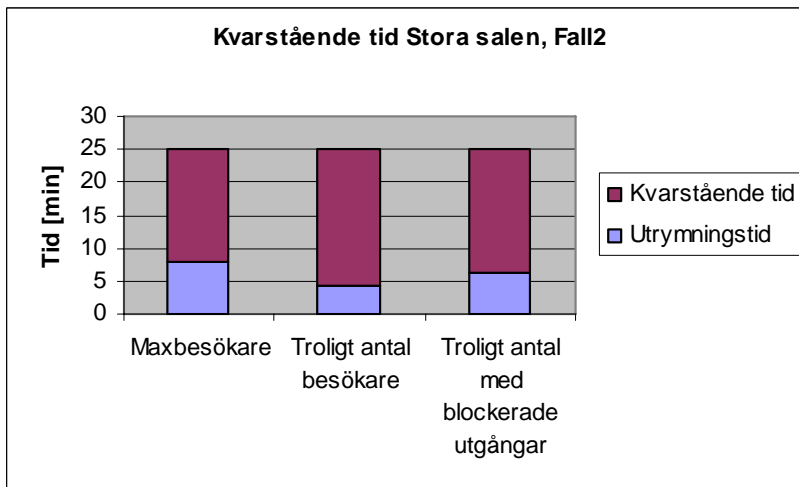
Vi ser att kvarstående tid för detektion är relativt oförändrad för de olika typerna av bränder gällande läktarplatserna. Man bör dock reflektera över de indata som vi valt i systemet med beräkningar av utrymningstid. Vi har här valt en reaktionstid på 15 sekunder för läktarplatserna och då besökande på dessa platser rimligtvis upptäcker rökutvecklingen före ett brandlarm utlöser fungerar utrymningen tillfredställande.

Stora salen

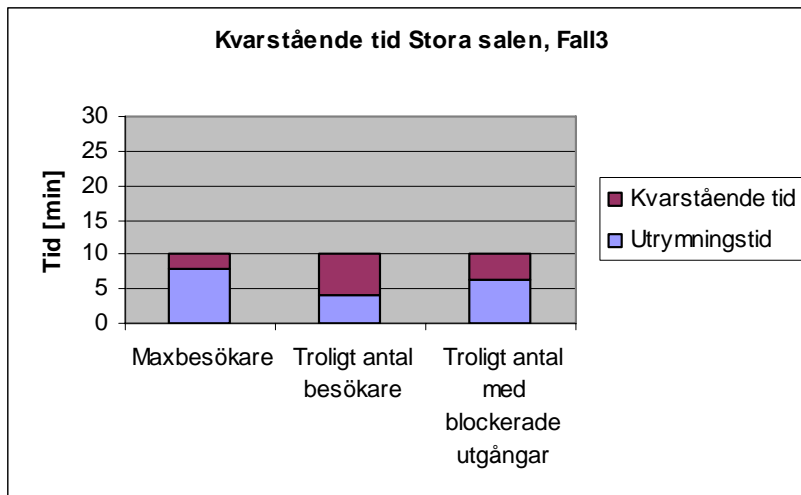
För Stora salen gäller villkoret: $1,6 + (0,1 \cdot 1,6) = 2,2m$



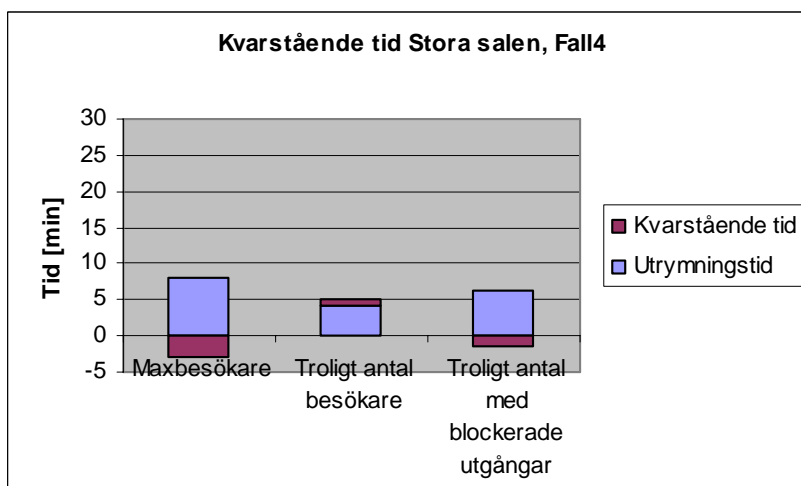
Figur 58, uppskattning av kvarstående tid för detektion, Stora salen, fall 1



Figur 59, uppskattning av kvarstående tid för detektion, Stora salen, fall 2



Figur 60, uppskattning av kvarstående tid för detektion, Stora salen, fall 3



Figur 61, uppskattning av kvarstående tid för detektion, Stora salen, fall 4

Där utrymning från Stora scenen modelleras i ovanstående fall ser vi att den kvarvarande tiden är väl tilltagen i de dimensionerade fallen. En viss problematik uppstår i de känslighetsanalyser vi utfört där tiden för kritiska förhållanden i Stora salen är snabbare än tiden för utrymning.

Bilaga 14

Krav för CFAST

Villkor

$$L/W < 3 \text{ Absolut inte } > 5$$

$$L/H < 3-4 \text{ Absolut inte } > 6$$

$$Q > 5A(H)^{1/2}$$

Där L-längd W-bredd H-höjd (meter)

Stora salen

$$L = 31,6 \text{ m} \quad W = 14,9 \text{ m} \quad H = 6,6 \text{ m}$$

$$L/W = 31,6/14,9 = 2,1 \quad \text{OK}$$

$$L/H = 31,6/6,6 = 4,8 \quad \text{OK}$$

L/H förhållandet ligger mellan 4 och 6 vilket kan anses som en gråzon. Detta betyder att förhållandet inte är optimalt för modellering i CFAST. Då vi inte utnyttjar detaljer i modelleringsresultatet anses dock detta förhållande vara tillräckligt bra.

Scenen

$$L = 14,5 \text{ m} \quad W = 10,3 \text{ m} \quad H = 1 \text{ m}$$

$$L/W = 14,5/10,3 = 1,4 \quad \text{OK}$$

$$L/H = 14,5/11 = 1,3 \quad \text{OK}$$

El-centralen

$$L = 9 \text{ m} \quad W = 3,5 \text{ m} \quad H = 2,4 \text{ m}$$

$$L/W = 9/3,5 = 2,6 \quad \text{OK}$$

$$L/H = 9/2,4 = 3,75 \quad \text{OK}$$

Tegnér's garderob

Cylindrisk volym anpassad till kubiska mått genom bevarande av volymen.

$$L = W = 6 \text{ m} \quad H = 2,4 \text{ m}$$

$$L/W = 6/6 = 1 \quad \text{OK}$$

$$L/H = 6/2,4 = 2,5 \quad \text{OK}$$

Tegnér's bar (113)

$$L = 11,8 \text{ m} \quad W = 9,4 \text{ m} \quad H = 4,5 \text{ m}$$

$$L/W = 11,8/9,4 = 1,3 \quad \text{OK}$$

$$L/H = 11,8/4,5 = 2,6 \quad \text{OK}$$

Tegnér's stora dansgolv (103)

$$L = 16 \text{ m} \quad W = 14,5 \text{ m} \quad H = 5 \text{ m}$$

$$L/W = 16/14,5 = 1,1 \quad \text{OK}$$

$$L/H = 16/5 = 3,2 \quad \text{OK}$$

Tegnér's lilla dansgolv (108)

$$L = 9,3 \text{ m} \quad W = 7 \text{ m} \quad H = 2,9 \text{ m}$$

$$L/W = 9,3/7 = 1,3 \quad \text{OK}$$

$$L/H = 9,3/2,9 = 3,2 \quad \text{OK}$$

Tua bar (104)

$$L = 7,9 \text{ m} \quad W = 7 \text{ m} \quad H = 2,9 \text{ m}$$

$$L/W = 7,9/7 = 1,1 \quad \text{OK}$$

$$L/H = 7,9/2,9 = 2,7 \quad \text{OK}$$

Rum 106

$$L = 12,5 \text{ m} \quad W = 6,3 \text{ m} \quad H = 2,9 \text{ m}$$

$$L/W = 12,5/6,3 = 2 \quad \text{OK}$$

$$L/H = 12,5/2,9 = 4,3 \quad \approx \text{OK}$$

Rum 105

$$L = 6,2 \text{ m} \quad W = 4,3 \text{ m} \quad H = 2,9 \text{ m}$$

$$L/W = 6,2/4,3 = 1,4 \quad \text{OK}$$

$$L/H = 6,2/2,9 = 2,1 \quad \text{OK}$$

Korridor 107

$$L = 12,8 \text{ m} \quad W = 2,8 \text{ m} \quad H = 2,9 \text{ m}$$

$$L/W = 12,8/2,8 = 4,6$$

Ligger i gråzonen. Korridoren är belägen långt bort från brandrummet

$$L/H = 12,8/2,9 = 4,4 \quad \approx \text{OK}$$