



LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA
Lunds universitet

Brandteknik

Rapport 9220

Brandteknisk Riskvärdering



Revinge restaurang

December 2003

Johanna Engström BI01

Johan Malmqvist BI02

Jane Nilsson BI02

Håkan Sanglén BI01

Avdelningen för Brandteknik
Lunds Tekniska Högskola
Box 118
221 00 Lund

Department of Fire Safety Engineering
Lund University
Box 118
S-221 00 Lund
Sweden

Brandteknisk riskvärdering av Revinge restaurang, Revinge

Fire Safety Evaluation of Revinge restaurant, Revinge

Johanna Engström BI01
Johan Malmqvist BI02
Jane Nilsson BI02
Håkan Sanglén BI01

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

Abstract

This report is made by four Fire safety engineering students at LTH, Lund and contains a fire safety evaluation. An object were given, Revinge restaurant, Sweden. The object hosts a restaurant, conference rooms, gym, dressing rooms and saunas. A maximum of 400 guests are allowed in Revinge restaurant. Due to different activities the opening hours are long.

The object has been evaluated regarding egress time and time to untenable conditions. Time to egress was simulated with Simulex, which is a computer program used to simulate egress from a building. Time to untenable conditions was simulated with Argos, which is a computer program based on a two-zone model. To verify the results from the simulations, manual calculations concerning time for egress and time to untenable conditions were made. Manual calculation has also been made regarding visibility, toxicity and smoke filling.

Regarding the conclusions of the egress time and time to untenable conditions, a plan of changes to improve the overall safety of the guests at Revinge restaurant has been stipulated. Some of these changes have to be made and other changes are only recommended. The final assessment of the fire safety evaluation of Revinge restaurant is that the overall safety in the building is almost satisfying. Some changes have to be made to fulfil the safety.

Keywords: evacuation, fire, heat release rate, smoke filling, restaurant, Argos, Simulex

Sammanfattning

I denna rapport har en brandteknisk riskvärdering av Revinge restaurang utförts. Rapporten har utförts av brandingenjörsstudenter vid Lunds tekniska högskola som en del av kursen Brandteknisk riskvärdering 10p. Syftet med rapporten har varit att utvärdera personsäkerheten i byggnaden. Hänsyn har ej tagits till objektsskydd.

Revinge restaurangs byggnadstekniska klass är Br2. Byggnaden har två plan som är avsedda för ett flertal olika aktiviteter och det är en central plats på Räddningsverkets centrum för risk- och säkerhetsutbildning, Revinge. Här vistas i stort sett all personal, alla elever och alla övriga besökare, t.ex. brandmän, konferensdeltagare och markörer, någon gång under dagen. På entréplanet finns matsal och kök, på källarplanet finns konferenslokaler, omklädningsrum, träningslokal, bastu, förråd samt pannrum.

Säkerheten på Revinge restaurang bedöms med hjälp av en kvantitativ metod som är i stort sett identisk med den metod som kallas analytisk dimensionering av brandskydd. Skillnaden är att bedömningen görs i efterhand och att byggnaden redan är färdig. En jämförelse görs mellan hur lång tid det tar för en brand att nå så stor omfattning att den kan skada människor och hur lång tid det tar att utrymma byggnaden. För att säkerheten ska vara tillfredsställande ska byggnaden kunna utrymmas helt innan kritiska förhållanden uppstår.

Tre scenarier valdes ut, brand i gästmatsalen, brand i köket samt brand i bastun. Dessa scenarier valdes för att de är relativt troliga och att de ger relativt stora konsekvenser. I gästmatsalen förväntas branden upptäckas sent, vilket gör att branden får möjlighet att tillväxa. Detta leder till en sent påbörjad och därför försvårad utrymning. I köket får branden en mycket snabb tillväxt samtidigt som matsalen väntas ha många gäster. Detta leder till utrymningssvårigheter då många personer ska utrymma lokalen samtidigt. I bastun är tillväxten långsam och upptäcks sent, vilket försvårar eller omöjliggör i värsta fall utrymning från konferenslokaler.

För att undersöka personsäkerheten i byggnaden vid utrymning har både handberäkningar och simuleringar med hjälp av datorprogram utförts. Handberäkningar har utförts med avseende på kritiska förhållanden, utrymningstider, ventilationsförhållanden, sikt samt toxicitet. Simuleringar har utförts för kritiska förhållanden med Argos, ett datorprogram som är baserat på en två-zonsmodell. Simuleringar har även utförts för utrymningstider med Simulex, ett datorprogram som simulerar utrymning från en byggnad. Dessa simuleringar pekar på att en ny nödutgång skulle främja utrymningssäkerheten samt sänka den totala utrymningstiden från entréplanet. Ett mindre utrymningsförsök har även gjorts på plats för att ge en bättre uppfattning om utrymningstider. En avskiljning av korridoren skulle skapa två av varandra oberoende utrymningssvägar från konferenslokalen, vilket möjliggör en säker utrymning. Samtliga resultat har jämförts för att få mer sannolika tider för utrymning samt till kritiska förhållanden.

Förslag till att förbättra personsäkerheten i byggnaden presenteras nedan rangordnade med den viktigaste åtgärden först:

- Lokalen *skall* utrustas med fler handbrandsläckare.
- Utrymningsvägar *skall* rensas från hinder samt förses med enkla öppningsanordningar.
- Personalen *skall* varje år genomgå grundläggande utbildning med bl.a. handbrandsläckning och utrymning.
- Korridoren på källarplanet *skall* delas av för att ge två av varandra oberoende utrymningsvägar från konferenslokalen.
- Efterlysande golvmarkeringar i utrymningsvägen *skall* förbättras.
- Fler rökdetektorer *bör* placeras på entréplanet.
- Brandlarmet *bör* vidarekopplas direkt till räddningstjänsten.
- Ny utrymningsväg *bör* göras i trapphuset på entréplanet.
- Fast släcksystem *bör* installeras vid spisen i köket.
- Gaslarm som indikerar på läckage i pannrummet *bör* installeras.

Förord

Under arbetets gång har vi fått stor hjälp och stöd av ett flertal personer. Vi vill speciellt tacka:

Ulf Göransson, civilingenjör inom Väg- och Vattenteknik LTH samt doktorand vid Brandteknik LTH.

Stefan Svensson, forskningsingenjör vid Räddningsverkets centrum för risk- och säkerhetsutbildning, Revinge.

Håkan Frantzich, universitetslektor vid Brandteknik LTH.

Lars Jensen, professor vid institutionen för Installationsteknik LTH.

Bjarne Husted, civilingenjör inom Maskinteknik vid Aalborgs universitet samt doktorand vid Brandteknik LTH.

Daniel Gojkovic, universitetsadjunkt vid Brandteknik LTH.

Åke Nord, vaktmästare vid Räddningsverkets skola i Revinge.

Personalen på Revinge restaurang.

Innehållsförteckning

1. INLEDNING	11
1.1 Bakgrund.....	11
1.2 Syfte.....	11
1.3 Avgränsningar.....	11
1.4 Osäkerheter.....	11
2. METOD	13
2.1 Metodens begränsningar	13
3. OBJEKTSBESKRIVNING.....	15
3.1 Objektsöversikt.....	15
3.1.1 Entréplanet	15
3.1.2 Källarplanet.....	16
3.2 Allmänt.....	17
3.3 Befintligt brandskydd.....	18
3.3.1 Detektion.....	18
3.3.2 Larm.....	18
3.3.3 Släckutrustning	18
3.3.4 Utrymningsvägar och nödbelysning	18
4. DIMENSIONERANDE BRANDFÖRLOPP	21
4.1 Brandscenarier	21
4.1.1 Brand i gästmatsalen	21
4.1.2 Brand i cafeterian.....	21
4.1.3 Brand i köket.....	22
4.1.4 Brand i pausrummet.....	22
4.1.5 Brand i elskåpet.....	22
4.1.6 Brand i bastun	23
4.1.7 Brand i kapprummet	23
4.1.8 Explosion i pannrummet	24
4.2 Brandscenarier som valts ut	24
4.3 Simuleringar med Argos	26
4.3.1 Metod	26
4.3.2 Antaganden	26
4.3.2.1 Brand i gästmatsalen	26
4.3.2.2 Brand i köket.....	26
4.3.2.3 Brand i bastun	27
4.3.3 Kritiska förhållanden	27
4.3.3.1 Brandgaslagrets höjd.....	27
4.3.3.2 Siktförhållanden.....	27
4.3.3.3 Toxicitet	27
4.3.3.4 Temperatur och strålningsintensitet.....	28
4.3.4 Resultat	28
4.3.4.1 Brand i gästmatsalen	28
4.3.4.2 Brand i köket.....	28
4.3.4.3 Brand i bastun	28
4.3.5 Diskussion kring resultaten.....	28
4.3.5.1 Brand i gästmatsalen	29
4.3.5.2 Brand i köket.....	29

4.3.5.3 Brand i bastun	29
4.3.6 Sammanställning av effektutvecklingar och tid till kritiska förhållanden	30
5. VENTILATIONENS FUNKTION VID BRAND	31
5.1 Allmänt	31
5.2 Brand i gästmatsalen	31
5.3 Brand i köket	31
5.4 Brand i bastun	31
5.5 Slutsatser	31
6. UTRYMNING	33
6.1 Allmänt	33
6.2 Varseblivning samt besluts- och reaktionstid	34
6.2.1 Brand i gästmatsalen	34
6.2.1.1 Utrymningsförsök	35
6.2.2 Brand i köket	36
6.2.3 Brand i bastun	36
6.3 Simulex	37
6.3.1 Allmänt	37
6.3.2 Begränsningar	37
6.3.3 Resultat av förflyttningstider	38
6.3.3.1 Brand i gästmatsalen	38
6.3.3.2 Brand i köket	40
6.3.3.3 Brand i bastun	41
6.4 Sammanställning av totala utrymningstider	42
7. VÄRDERING AV SÄKERHETSNIVÅN	43
7.1 Allmänt	43
7.2 Brand i gästmatsalen	43
7.3 Brand i köket	43
7.4 Brand i bastun	44
8. FÖRSLAG TILL FÖRBÄTTRINGAR	45
8.1 Allmänt	45
8.2 Handbrandsläckare och släcksystem	45
8.3 Utrymningsvägar	46
8.4 Detektion och larm	47
8.5 Utbildning av personal	47
REFERENSER	49
BILAGA A – LARMDON, DETEKTORER, HANDBRANDSLÄCKARE	51
BILAGA B – RUMSGEOMETRIER SAMT INDATA FÖR ARGOS	53
BILAGA C – KURVOR OCH DIAGRAM ÖVER RESULTAT I ARGOS	57
BILAGA D – BRANDGASSPRIDNING VIA VENTILATIONSSYSTEMET	63
BILAGA E – EXEMPEL PÅ UTDATAFIL FRÅN SIMULEX	65
BILAGA F – TABELLER ÖVER PERSONTYPER OCH ANVÄNDA UTRYMNINGSVÄGAR I VARJE ENSKILT SCENARIO	67
BILAGA G – HANDBERÄKNINGAR FÖR UTRYMNING SAMT JÄMFÖRELSE MOT SIMULERINGAR	71
BILAGA H – HANDBERÄKNINGAR, KRITISKA FÖRHÅLLANDEN	75

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Denna rapport är ett resultat av arbetet i kursen Brandteknisk Riskvärdering, som ges av avdelningen för brandteknik vid Lunds Tekniska Högskola för tredjeårsstudenter vid brandingenjörsprogrammet. Avsikten med rapporten är att väva samman de kunskaper som tidigare förvärvats samt komplettera med nya kunskaper inom områdena lagstiftning och utrymning, för att göra en brandteknisk riskvärdering av objektet. Rapporten har även för avsikt att ge träning i problemlösning. Denna rapport riktar sig till personer med kompetens motsvarande andra året vid brandingenjörsprogrammet eller högre.

Studenterna i gruppen har haft tillgång till handledare dels från avdelningen för brandteknik och dels från Räddningsverkets centrum för risk- och säkerhetsutbildning, Revinge.

1.2 Syfte

Denna rapport har två syften, dels att utvärdera säkerheten vid utrymning vid Revinge Restaurang samt ge förslag till förbättringar, dels att prova och utveckla sedan tidigare erhållna kunskaper.

1.3 Avgränsningar

Syftet med rapporten är att utvärdera personsäkerheten i objektet. Detta innebär att tid till utrymning kommer i första hand. I rapporten studeras i huvudsak brandgasernas spridning, dvs ej själva brandens spridning och utveckling i angränsande utrymmen. Faktorer som kan påverka det fortsatta brandförloppet såsom byggnadens bärförmåga, brandspridning till intilliggande byggnader eller räddningstjänstens insatsplaner kommer inte att beaktas.

1.4 Osäkerheter

Vid handberäkningar och datorsimuleringar används modeller och data som till mycket stor del bygger på antaganden och förenklingar av verkligheten. Även indata bör hanteras med försiktighet, då de kan utgå från icke exakta mätmetoder. Sålunda ger dessa beräkningar och simuleringar endast en fingervisning om vilka effekter som kan förväntas. Fler osäkerheter finns och presenteras i respektive kapitel.

2. Metod

Säkerheten på Revinge restaurang bedöms med hjälp av en kvantitativ metod som är i stort sett identisk med den metod som kallas analytisk dimensionering av brandskydd. Skillnaden är att bedömningen görs i efterhand och att byggnaden redan är färdig. En jämförelse görs mellan hur lång tid det tar för en brand att nå så stor omfattning att den kan skada människor och hur lång tid det tar att utrymma byggnaden. För att säkerheten ska vara tillfredsställande ska byggnaden kunna utrymmas helt innan kritiska förhållanden uppstår.

Ett antal gränsvärden införs för sikt, temperatur, toxicitet och värmestrålning. På så sätt kan det bestämmas hur lång tid det tar innan kritiska förhållanden uppstår, dvs. hur lång tid det tar innan miljön blir skadlig för personer som vistas i byggnaden. Så fort ett gränsvärde överskrids uppstår kritiska förhållanden. Därefter konstrueras ett antal brandscenarion. Scenarierna väljs ut genom att varje fall graderas med två siffror mellan 1-5. En för sannolikhet och en för konsekvens. Högre siffra innebär högre sannolikhet respektive konsekvens. Dessa båda siffror multipliceras och scenarier med högsta produkt väljs ut för att studeras närmare. Utifrån dessa görs sedan beräkningar för hand och med hjälp av datorsimuleringsprogram för att avgöra när kritiska förhållanden uppstår.

Utrymningsförloppet delas upp i tre faser för att kunna beräkna hur lång tid det tar att utrymma byggnaden. Första fasen kallas för varseblivning och andra fasen kallas för beslut och reaktion. Den tredje och sista fasen är själva förflyttningen. Tiden för de olika faserna bedöms på olika sätt. Förflyttningstiden kan beräknas dels genom handberäkningar och dels med hjälp av datorsimuleringsprogram, i detta fall Simulex. Varseblivningstiden samt besluts- och reaktionstiden kan dock inte beräknas, utan får i stället uppskattas med hjälp av kunskap om och erfarenhet från människors beteende i utrymningssituationer. Tiden tills kritiska förhållanden uppstår jämförs därefter med den totala utrymningstiden. Om tiden tills kritiska förhållanden är längre än utrymningstiden utgör beräkningen ett stöd för slutsatsen att byggnaden är säker ur utrymningssynpunkt.

2.1 Metodens begränsningar

Antaganden och förenklingar vad gäller geometrier, hur fort branden utvecklas och sprids, vad som brinner och vilka mängder bränsle som finns, innebär osäkerheter redan i de indata som matas in i datormodellen. Dessutom har datormodellen, i detta fall Argos v 4.4, själv begränsningar eftersom den bygger på en förenklad modell av verkligheten. För att uppskatta tiden för utrymning krävs också antaganden och förenklingar av verkligheten. Även här har datormodellen sina begränsningar. Besluts- och reaktionstiden är en osäkerhet eftersom den måste antas utifrån generell kunskap om mänskligt beteende.

Metoden ger inte hela sanningar och det bör poängteras att den bara utgör ett stöd för slutsatser, eftersom samtliga modeller bara är förenklingar av verkligheten. Då metoden har vissa osäkerheter krävs ett förnuftigt tankesätt som komplement till resultaten av beräkningarna.

3. Objektsbeskrivning

3.1 Objektsöversikt

3.1.1 Entréplanet

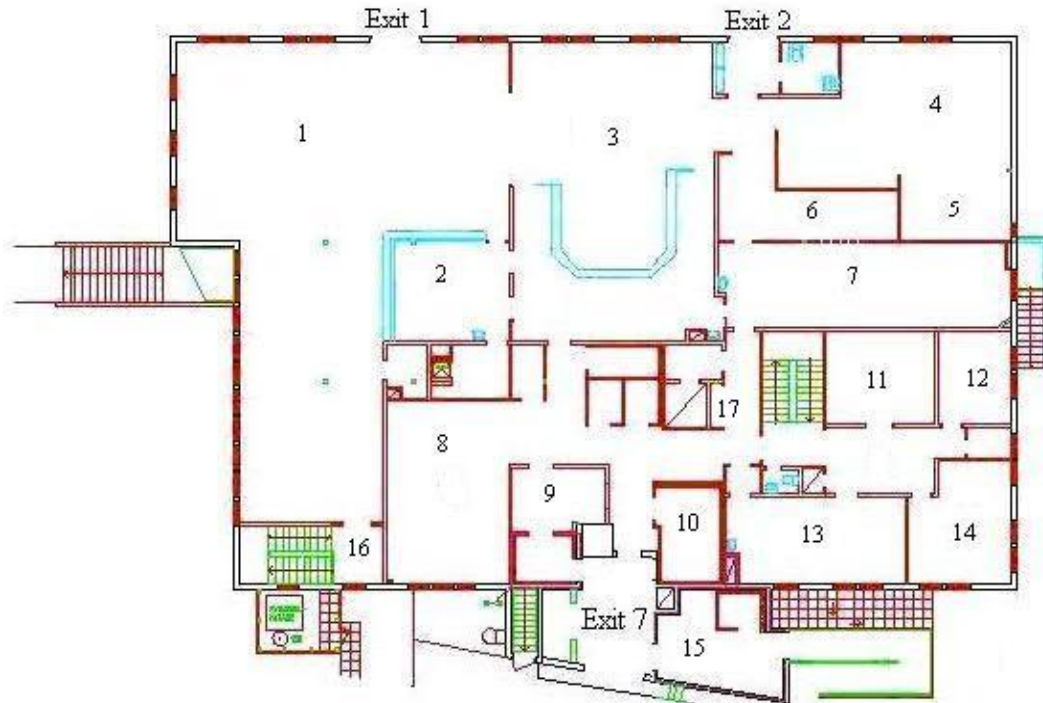


Bild 1. Ritning över entréplanet.

1. Stora matsalen, cafeteria, pub
2. Kiosk
3. Servering
4. Personalmatsal
5. Gästmatsal
6. Diskinlämning
7. Diskrum
8. Kök
9. Kallskänk
10. Frys

11. Torrförråd
12. Personalkontor
13. Kallskänk
14. Pausrum
15. Soprum
16. Trapphus
17. Elskåp

(Pga otillräckligheter i datorprogrammet Simulex, saknas Exit 3 och Exit 4 helt.)

3.1.2 Källarplanet

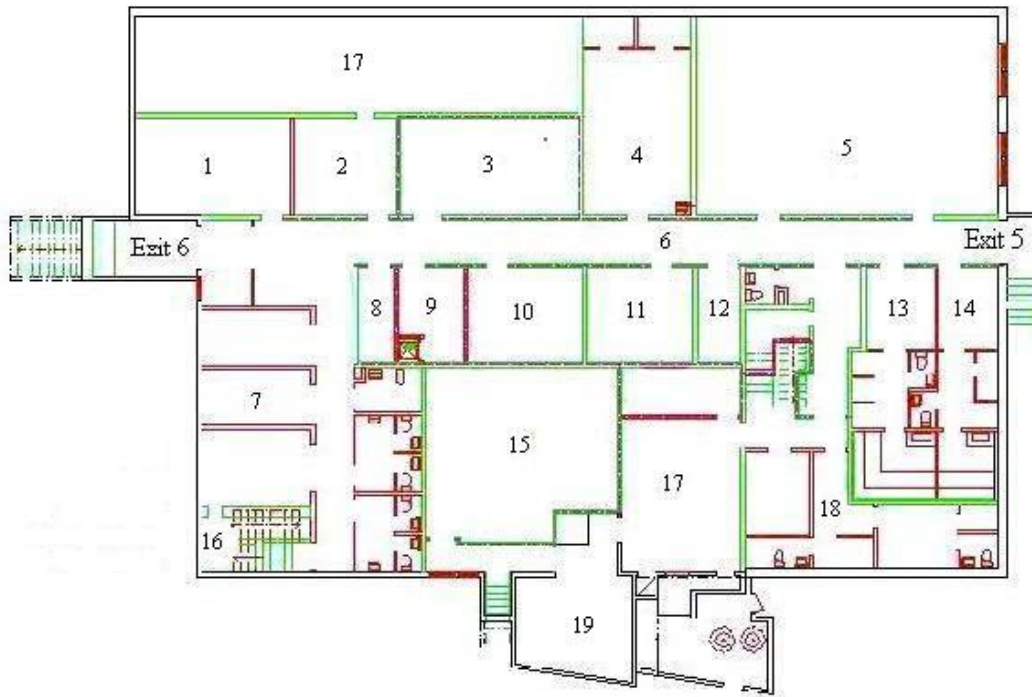


Bild 2. Ritning över källarplanet.

- | | |
|--------------------------|-------------------------------------|
| 1. Spinninglokal | 11. Städförråd |
| 2. Solarium | 12. Elcentral |
| 3. Kylmaskinrum | 13. Omklädningsrum samt bastu, herr |
| 4. Video-/konferenslokal | 14. Omklädningsrum samt bastu, dam |
| 5. Konferensrum | 15. Pannrum |
| 6. Korridor | 16. Trapphus |
| 7. Kapprum | 17. Oanvänt utrymme |
| 8. Köksförråd | 18. Omklädningsrum, personal |
| 9. Köksförråd | 19. Specialfastigheters förråd |
| 10. Ritningsförråd | |

3.2 Allmänt

Objektet är en byggnad med brandteknisk klass Br2 och har två plan som är avsedda för ett flertal olika aktiviteter. Byggnaden är en central plats på Räddningsverkets centrum för risk- och säkerhetsutbildning, Revinge. Här vistas i stort sett all personal, alla elever och alla övriga besökare, t.ex. brandmän, konferensdeltagare och markörer, någon gång under dagen.

Entréplanet är en enda stor brandcell, med undantag från soprummet och tre mindre schakt för ventilations- och elinstallationer. Detta våningsplan innehåller en stor matsal med plats för 300 personer. Det serveras mat från kl. 6.30 till kl. 21.30 på kvällen. Det börjar med frukost, fortsätter med lunch, följt av middag. Restaurangen är öppen under hela tiden men mat serveras bara mellan vissa tider.



Bild 3. Stora matsalen vid lunchtid.

Måndag- till torsdagskvällar är det även pub med alkoholrättigheter. De gäster som kan förväntas besöka restaurangen har någon sammankoppling med Räddningsverkets centrum för risk- och säkerhetsutbildning, Revinge. Ett storkök med kallskänk, diskrum, servering, kiosk och ett flertal matförråd ligger i anslutning till matsalen. Det finns även pausrum för personalen samt lastkaj och soprum. Mitt i köksregionen ligger en el-central.

Källarplanet är indelat i flera mindre brandceller och delas av med en korridor som går genom våningsplanet fram till kapprummen. Korridoren delar källarplanet i norr och söder. Den södra delen innehåller två konferensrum, kylmaskinrum samt spinninglokal med tillhörande solarium. Det ena konferensrummet rymmer uppåt 30 personer medan det andra är mindre, rymmer cirka 10 personer, och är tänkt för videokonferenser. I den norra delen finns det omklädningsrum, dusch och bastu i anslutning till spinninglokalen, dessa är i huvudsak tänkta för de anställda på Räddningsverkets centrum för risk- och säkerhetsutbildning, Revinge. Intill omklädningsrummen finns ett antal mindre förråd för bl.a. porslin och ritningar, samt en mindre el-central. Mitt i denna sektion ligger ett pannrum som förser hela Räddningsverkets centrum för risk- och säkerhetsutbildning, Revinge, med värme. Vid sidan om pannrummet finns ett gammalt fläktrum som numera står tomt och ett utrymme där Specialfastigheter, dvs. fastighetsägaren, förvarar reservdelar och dylikt av metall. I anslutning till kapprummen finns det tre toaletter, korridoren mellan kapprummen och toaletterna har som huvudfunktion att vara utrymningsväg ifrån entréplanet.



Bild 4. Korridoren på källarplanet.

På taket sitter de fläktar som driver ventilationssystemet. I byggnaden finns två separata ventilationssystem, ett för köket och ett för övriga byggnaden

3.3 Befintligt brandskydd

3.3.1 Detektion

Rökdetektorerna finns placerade i utrymmen som förmodligen antas vara obevakade¹, såsom omklädningsrummen och kapprummen. Eftersom det inte finns några uppgifter om detektorernas sort, antas det att de är joniserande och att de har relativt lång responstid. Detta för att vara på rätt sida om marginalerna vid eventuella tveksamheter om tiden till detektion.

Det finns en rökdetektor i anslutning till restaurangen på entréplanet. Denna sitter mellan personalutrymmet och köket. I trapphuset från matsalen ner mot källarplanet finns ytterligare en rökdetektor.

I soprummet, som är en egen brandcell och ligger i anslutning till lastkajen, sitter en rökdetektor.

På källarplanet finns det totalt nio rökdetektorer varav två är placerade i korridoren, fyra i kapprummet, två i personalens omklädningsrum och en i passagen mellan omklädningsrummen och korridoren.

3.3.2 Larm

Vid detektion ljuder klockor i köket, matsalen, konferensrummet i källaren samt vid omklädningsrummen i källaren. Brandlarmet i soprummet har en siren som ljuder ute samt en som sitter inne mot köket ovanför dörren ut mot lastkajen. Larmcentralen sitter i elskåpet på källarplanet och där kan utrymningslarmet återställas. Vid larm finns ingen automatisk vidarekoppling till räddningstjänst eller dylikt.

3.3.3 Släckutrustning

På entréplanet finns två handbrandsläckare. En 10 liters vattensläckare är placerad i matsalen, precis i anslutning till trapphuset ner mot kapprummen. Vid utgången mot lastkajen sitter en 5 kg koldioxidsläckare.

På källarplanet finns en handbrandsläckare. Den finns i korridoren och är en 9 liters skumsläckare.

3.3.4 Utrymningsvägar och nödbelysning

Entréplanet har fem utrymningsvägar varav tre av dessa finns i matsalen och två i köket. Samtliga utrymningsvägar är försedda med genomlysta utrymningsskyltar och det finns ett flertal genomlysta skyltar som visar vägen fram till utrymningsdörrarna. Sommartid är alla utrymningsdörrar i matsalen olåsta när lokalen är öppen, vintertid låses en av dessa men det är dock fortfarande möjligt att utrymma via denna dörr. Två av utrymningsdörrarna i matsalen leder direkt till det fria medan den tredje innebär utrymning via trapphuset och kapprummet. Denna utrymningsväg är försedd med efterlysande golvmarkeringar. I köket leder

¹ För detaljerad placering av detektorer, ringklockor samt handbrandsläckare, se Bilaga A.

den ena utrymningsvägen direkt till det fria och den andra innebär utrymning via trapphuset och korridoren i källarplanet.

Källarplanet har två utrymningsvägar. Båda leder direkt ut i det fria och fungerar även som utrymningsvägar för entréplanet. Även på källarplanet är alla utrymningsdörrar försedda med genomlysta utrymningsskyltar och det finns gott om efterlysande skyltar som visar vägen fram till utrymningsdörrarna.



Nödbelysning finns i matsalen samt i trapphuset som leder till kapprummet på källarplanet. I lokalerna finns även ett tillfredsställande antal utrymningsplaner som är strategiskt utplacerade.

Bild 5. Utrymningsplan placerad i matsalen.

4. Dimensionerande brandförlopp

4.1 Brandscenarier

Metoden som används för att bedöma personsäkerheten i byggnaden bygger på en jämförelse mellan hur lång tid det tar att utrymma byggnaden och hur lång tid det tar för en brand att nå så stor omfattning att den kan skada människor, det vill säga skapa kritiska förhållanden. För att kunna bestämma hur långa dessa tider är konstrueras brandscenarier. Tre av brandscenierna väljs ut och utifrån dessa görs sedan beräkningar som ska ligga till grund för en bedömning av personsäkerheten. Det är alltså viktigt att scenarierna väljs med omsorg. I den här utredningen har scenarierna inte valts för att de är de mest sannolika. De har valts därför att de beskriver de värsta tänkbara brandförloppen utan att vara osannolika.

4.1.1 Brand i gästmatsalen

Det finns inga detektorer i matsalen så en brand blir svår att upptäcka i gästmatsalen då det inte finns människor där. Under publika tillfällen är personalen i



Bild 6. Gästmatsalen.

huvudsak i baren/köket och gästerna i cafeterian/pubavdelningen. Tändkällan kan exempelvis vara ett bortglömt ljus som antänder bordsduken och senare stolarna. Om skjutdörren är delvis stängd och utrymmet är relativt litet, kan branden tack vare återstrålningen tillväxa och spridas vidare till resten av matsalen.

4.1.2 Brand i cafeterian

Under en pubkväll kan exempelvis ett värmeljus falla ner i soffan och antända den. Det finns inga branddetektorer i närheten, men eftersom det vistas mycket



Bild 7. Cafeterian och pubavdelningen.

folk i lokalen, kan branden upptäckas i god tid och eventuellt släckas med hjälp av brandsläckaren vid trappan.

4.1.3 Brand i köket

Vid ett oöversiktligt ögonblick kan oljan på stekbordet överhettas och självantända. Om det är under lunchen kan matsalen vara fullsatt. Branden tillväxer mycket



snabbt. Branden kan upptäckas tidigt, men trots detta är det ej säkert att personalen lyckas släcka. Det finns inget punktskydd vid stekbordet.

Bild 8. Köket.

4.1.4 Brand i pausrummet

Sannolikheten för en brands uppkomst i pausrummet kan antas vara relativt stor. Det finns mycket brännbart såsom tidningar, soffgrupp etc. och det skulle räcka



med ett omkullvält ljus eller liknande som tändkälla. Det finns emellertid en branddetektor alldeles utanför rummet och personalen vistas i närheten så en tidig upptäckt är mycket trolig. Branden får således en liten möjlighet att tillväxa innan upptäckt och utrymning påverkas nödvändigtvis inte nämnvärt.

Bild 9. Pausrummet.

4.1.5 Brand i elskåpet

Kortslutning av elskåpet kan leda till antändning av elkablarna och branden kan spridas vidare genom systemet. Branden kan dock upptäckas tidigt av personalen



eller branddetektorn intill. Det finns dessutom en handbrandsläckare i närheten, vilket möjliggör en tidig släckinsats. Inga utrymningsvägar påverkas direkt.

Bild 10. Elskåpet.

4.1.6 Brand i bastun

Någon har glömt stänga av bastuaggregatet och lämnat sin handduk på eller precis intill aggregatet. Handduken börjar brinna och denna initierar en glödbrand i träväggen. På grund av den begränsade ventilationen ger detta upphov till en



tämligen långsam tillväxt av branden. Dörren mot korridoren är uppställd och stora mängder brandgaser sprids ut till korridoren. Rökdetektorerna i korridoren utlöser efter relativt lång tid, eftersom de antas vara av joniserande sort och sådana har långsam respons på glödbränder.

Bild 11. Herrarnas bastu på källarplanet.

4.1.7 Brand i kapprummet

En vinterdag är kapprummet fullt av ytterkläder. En oförsiktig brandman har efter en övning lyckats få med sig glöd i fickan till sin RB90, det tar sig så småningom och sprids vidare till de andra kläderna. Branden alstrar mycket rök, men tack vare detektorerna kan den upptäckas i god tid för utrymning. Om en av detektorerna inte fungerar, finns det två till som borde göra det. Eftersom det finns andra utrymningsvägar, behöver inte en eventuell brand innebära stora konsekvenser för människorna i byggnaden.



Bild 12 och 13. Kapprummen.

4.1.8 Explosion i pannrummet

Uppvärmningen av i stort sett alla byggnader på området sker med hjälp av naturgas. I pannrummet sker all hantering av naturgas för denna uppvärmning. Vid tryckfall i systemet, som till exempel kan bero på ett läckage, stängs pannorna av. Därefter sker en automatisk uppringning till Specialfastigheters



huvuddator i Alnarp som i sin tur ringer upp drifttekniker. Om det sker ett gasutsläpp, kan en förblandad mix av luft och naturgas bildas. Vid en eventuell antändning (exempelvis genom att en lampa tänds) kan det bli en kraftig explosion, vilket skulle kunna innebära stora risker för alla i byggnaden. Sannolikheten för att detta ska inträffa anses dock vara ytterst liten.

Bild 14. Pannrummet.

4.2 Brandscenarier som valts ut

Valen av brandscenarier har gjorts med ”värsta tänkbara fall” i åtanke, dvs. ett relativt sannolikt scenario som kan ge stora konsekvenser för personsäkerheten. Branden är tänkt vara svårdetekterad i ett tidigt skede så att den hinner få stor omfattning och på så sätt innebära en försvåring av utrymningen. Det är även tänkt att det finns mycket människor i byggnaden under utrymningsförloppet. I brandscenarierna antas att inga släckinsatser med handbrandsläckare lyckas, dels pga. det ringa antalet handbrandsläckare som finns i byggnaden och dels för att utgå ifrån ”värsta tänkbara fall” som tidigare nämnts.

Scenarierna valdes ut genom att tillämpa en kvantitativ riskanalysmetod². Varje fall graderades med två siffror mellan 1-5, en för sannolikhet och en för konsekvens. Högre siffra innebär högre sannolikhet respektive konsekvens. Dessa båda siffror multiplicerades och scenarier med högsta produkt valdes ut.

Scenario	Sannolikhet	Konsekvens	Relativ riskfaktor
Brand i köket	4	2	8
Brand i gästmatsalen	2	3	6
Brand i bastun	2	3	6
Explosion i pannrummet	1	5	5
Brand i kapprummet	2	2	4
Brand i cafeterian	2	2	4
Brand i personalutrymmen	3	1	3
Brand i elcentralen	1	3	3

Tabell 1. Översikt över riskanalys för brandscenarier.

Ur tabellen framgår att brandscenarierna i kök, gästmatsal samt bastu valdes ut för vidare granskning.

² Brandskyddshandboken.

För scenarierna uppskattades maximala effektutvecklingar och dessa bygger på visuella observationer av brännbara material i respektive rum samt redan utförda försök³. I uppskattningarna tas ej hänsyn till rådande ventilationsförhållanden, vilket kan begränsa effektutvecklingen. Det tas heller ej hänsyn till brandspridning till angränsande rum, vilket ökar effektutvecklingen. Detta är dock ej intressant, då det är personsäkerheten som ska studeras.

Scenario	Effektutveckling (MW)
Brand i gästmatsalen	3,5
Brand i köket	2,5
Brand i bastun	3,5

Tabell 2. Översikt över uppskattade maximala effektutvecklingar i brandrummen.

³ Initial Fires.

4.3 Simuleringar med Argos

4.3.1 Metod

De initialbränder⁴ och kurvor som räknats fram har α^2 -branden som utgångspunkt. För att få ett riktvärde på maxeffektutvecklingen har handberäkningar gjorts med hänsyn taget till öppningsfaktorn⁵. Detta riktvärde har sedan använts för att konstruera effektkurvor i Argos genom att anpassa befintliga effektkurvor i databasen till de valda brandscenerierna.

Argos⁶ arbetar efter två-zonsmodellen. Den modell som används bygger bl.a. på McCaffrey's plymmodell och att bränder är ventilationskontrollerade. Programmet kan dock inte ta hänsyn till rådande mekanisk ventilation, utan endast till befintliga öppningar i rummen. Vid en syrehalt på mindre än 10 % kan det inte fortsätta att brinna. Argos kan som mest utföra beräkningar för 5 rum. I simuleringarna har antalet rum satts till 5 stycken. Tillförlitligheten till resultaten blir mindre ju längre bort från branden man kommer.

4.3.2 Antaganden

En hel del antaganden har gjorts. Rumsgeometrier har förenklats och byggnadsdelar såsom väggar, dörrar, tak och fönster har tilldelats ingångsvärden som finns tillgängliga i programmet. I de fall där rummen har varit ohanterligt stora, har de delats upp i flera med en tänkt öppning emellan.

Tre simuleringar har gjorts, en för brand i bastun, en för brand i gästmatsalen och en för brand i köket. Det som varit det centrala i simuleringarna har varit att få fram en tid till det att kritiska förhållanden uppnåtts. Temperatur, strålning från brandgaslagret och brandgaslagrets höjd över golvet är de parametrar som granskats.

4.3.2.1 Brand i gästmatsalen

Gästmatsalen har ett fönster som antas kunna gå sönder när temperaturen når ca 250°C, vilket sker efter ungefär 3,5 minuter enligt simuleringarna. Att fönstret går sönder är ingen självklarhet, men då detta ger en högre maxeffekt i simuleringarna (och på så sätt kortare tid till kritiska förhållanden uppstår) antas ändå att det går sönder. Den skjutvägg av trä som skiljer gästmatsalen och personalmatsalen går sönder, alternativt brinner upp, efter ca 10 minuter av simuleringen. Även detta antas för att få bättre ventilationsförhållanden för att underhålla branden. I övrigt har inte lokalen någon förbindelse med uteluft. En maxeffekt på 3,9 MW har använts som riktvärde på effektkurvan.

4.3.2.2 Brand i köket

I denna simulering har geometrin ytterligare förenklats. Från köket sätts en korridor som slutar vid en dörr där andra personalutrymmen tar vid. Cafeterian har också tagits bort för att få med förutsättningar för utrymning av gästmatsalen, som ansetts viktigare att ha med. Argos kan bara simulera för högst fem rum. I köket sätts det två fönster, vilka går sönder när temperaturen når ca 250°C. Detta sker efter ca 1,5 minuter. För övrigt finns det ingen annan öppning för uteluft.

⁴ För uppskattade maximala effektutvecklingar i brandrummen, se Tabell 2.

⁵ För beräknade effektutvecklingar med hänsyn taget till öppningsfaktorn, se Bilaga B.

⁶ Argos v.4.4. För schematisk bild av rumsgeometrier, se Bilaga B.

Riktvärden för branden tas ur Argos egen databas för poolbränder, ett värde som har verifierats med annan litteratur⁷. En yta av 1,1 m² med ”crude oil” och ett djup av 1 dm antas vara bränslet som är involverat i branden. Djupet är väl tilltaget för att kunna simulera ett brandförlopp som sträcker sig över en lång tid. Enligt beräkningarna med öppningsfaktorn kan ett maxvärde på 11,4 MW uppnås. Detta innebär att branden ej blir ventilationskontrollerad. Det har inte tagits hänsyn till den mekaniska ventilation som finns i köket, vilket kan påverka brandgasspridningen samt fördröja tiden till kritiska förhållanden.

4.3.2.3 Brand i bastun

Bastun har en ventilationsöppning ut till det fria och alla dörrar genom närliggande utrymmen är öppna ut till korridoren i simuleringen. Korridoren är uppdelad i två utrymmen. Den har en öppning emellan och stängda dörrar i ändarna. Dörrarna öppnas efter att detektorn längst bort i korridoren har utlöst, eftersom människor börjar utrymma ut från korridoren.

De rökdetektorer som finns i korridoren har tilldelats de sämsta värden som finns i programmet, då typ inte har kunnat utrönas. En maxeffekt på 3,1 MW har använts som riktvärde på effektkurvan.

4.3.3 Kritiska förhållanden

De kritiska förhållandena är en gräns för när det inte längre är acceptabla förhållanden för att kunna genomföra en säker utrymning. Det innebär dock inte att utrymning är omöjlig för alla individer vid dessa förhållanden. Förutsättningarna finns i de gällande reglerna och lagarna⁸.

4.3.3.1 Brandgaslagrets höjd

Personerna som befinner sig i lokalen ska kunna utrymma utan att påverkas av brandgaserna, dvs man ska ha god sikt och kunna andas under den tid som utrymningen kommer att ta. Detta innebär att brandgaslagret inte bör sjunka lägre än till en viss höjd i rummet. Den kritiska höjden för brandgaslagret beräknas enligt $z = 1,6 + 0,1H$, där H är rummets höjd i meter.

4.3.3.2 Siktförhållanden

Siktförhållandena är främst ett problem vid brandscenariot i gästmatsalen eftersom tilluftsdonen sitter i taket. Tilluftsdonens placering kan leda till att brandgaserna kyls av samtidigt som de trycks ned mot golvet, det kommer då inte att bli en tvåzonsskiktning utan snarare ett väl omblandat fall. Sikten i en lokal som används för utrymning får inte understiga 10 m.

4.3.3.3 Toxicitet

För att kunna genomföra en säker utrymning bör människorna i lokalen inte utsättas för skadliga doser av toxiska gaser. Syrehalten bör vara tillräckligt hög för att inte påverka utrymningen. Dessa gränsvärden är mindre än 2000 ppm CO, mindre än 5 % CO₂ samt mer än 15 % O₂.

⁷ SFPE-Handboken samt Enclosure Fire Dynamics.

⁸ Brandskyddshandboken.

4.3.3.4 Temperatur och strålningsintensitet

Utrymmande personer bör inte utsättas för temperaturer över 80°C, ej heller för strålning som överstiger 2,5 kW/m². Kortvarig strålning kan dock accepteras om den inte överstiger 10 kW/m².

4.3.4 Resultat

Med hänsyn till när kritiska förhållanden uppstår enligt simuleringarna med Argos⁹, fås tider som senare kommer att vara dimensionerande för utrymning. Tiden till kritiska förhållanden avser de rum som önskas undersökas vid utrymning, dvs rum där människor befinner sig eller utrymmen som är nödvändiga att använda vid utrymning.

4.3.4.1 Brand i gästmatsalen

Branden når sin maxeffekt, 1,9 MW, efter ca 5,5 minuter då branden blir ventilationskontrollerad. Detta ger ett α -värde nära medium ($\alpha = 0,018 \text{ kW/s}^2$). Kritiska förhållanden uppnås i stora matsalen efter ca 11 minuter, då brandgaslagrets höjd över golvet är 2 m. Några andra parametrar blir inte intressanta i detta fall. Eftersom det inte finns några rökdetektorer på detta våningsplan, antas branden därför upptäckas visuellt. Efter ungefär 5 minuter kan det förmodas att branden upptäcks, ty brandgaslagret börjar nå ner till öppningen in till stora matsalen. Detta betyder att kritiska förhållanden uppstår ca 6 minuter efter det att branden har upptäckts.

4.3.4.2 Brand i köket

Branden når sin maxeffekt, 1,6 MW, efter ca 1,2 minuter. Detta ger ett α -värde nära ultra fast ($\alpha = 0,30 \text{ kW/s}^2$). Kritiska förhållanden i köket och korridoren uppnås efter ca 1 minut, då brandgaslagrets höjd över golvet är 2 m. Ytterligare en minut senare nås kritiska förhållanden i servering och gästmatsal. Detta innebär att den dimensionerande tiden blir ca 2 minuter för servering och gästmatsal. Temperaturen i brandgaslagret blir snabbt hög i kök och korridor. Strålningsintensiteten ligger kvar på ganska beskedliga värden i alla rum förutom köket.

4.3.4.3 Brand i bastun

Branden når sin maxeffekt, 0,8 MW, efter ca 9 minuter. Detta ger ett α -värde nära slow ($\alpha = 0,0026 \text{ kW/s}^2$). Kritiska förhållanden i korridoren uppnås efter ca 8 minuter, då brandgaslagrets höjd över golvet utanför konferenslokalen är 2 m. Strålningsintensitet och temperatur når inte upp till kritiska förhållanden innan denna tidpunkt. Tiden till att den detektor som sitter längst bort från bastun utlöser blir ungefär 7,5 minuter och tiden för den närmaste blir knappt 6 minuter.

4.3.5 Diskussion kring resultat

Argos jobbar som tidigare nämnts enligt två-zonsmodellen. Revinge restaurang är en relativt enkel lokal och detta medför att två-zonsmodellen borde ge en relativt bra bild över händelseförloppet. Osäkerheter och felkällor beror främst på effektutvecklingen, framför allt vilken dimensionerande brand man använder sig av. Val av material i väggar och tak kan också vägas in som felkällor.

⁹ För detaljerade kurvor och diagram över resultat, se Bilaga C.

4.3.5.1 Brand i gästmatsalen

Branden i gästmatsalen får ett medelsnabbt förlopp, tillväxtshastigheten har satts till medium. Det finns stora ventilationsöppningar och mycket brännbart material. Två-zonsmodellen fungerar bra för de tre första utrymmena, men när det gäller matsalen och cafeterian får det antas stämma sämre pga. det längre avståndet. Det spelar dock en mindre roll då det är tiden för kritiska förhållanden och framförallt tiden till upptäckt som är det centrala. Upptäckten antas ske då brandgaser tar sig ut i matsalen, dvs när brandgaslagret har sänkt sig under den övre kanten på öppningen mellan servering och matsal.

Den tid det tar till kritiska förhållanden uppnåts är beroende av brandgaslagrets höjd över golvet, 2 m. De kritiska förhållandena uppnås efter en relativt lång tid, detta under förutsättning att en strikt två-zonsmodell antas. Denna tid bör justeras då man kan anta att brandgaserna blir omblandade, främst på grund av de ventilationsförhållanden som råder i matsalen.

4.3.5.2 Brand i köket

En brand på stekbordet i köket kan förväntas få ett mycket snabbt brandförlopp, främst på grund av bränslet. En poolbrand ger en nästan momentan maxeffektutveckling. Angående två-zonsmodellens giltighet i denna simulering, kan det antas att den fungerar bra för de rum som ligger närmast brandrummet.

De kritiska förhållanden som uppnås beror på brandgaslagrets höjd över golvet. I brandrummet blir det naturligtvis andra parametrar som gäller, men eftersom det har antagits att personal inte finns där, är dessa inte heller intressanta. Korridoren blir rökfylld relativt snabbt. Detta är anmärkningsvärt ur utrymnings synpunkt. Servering och gästmatsal blir rökfyllda efter ca 2 minuter, vilket betyder att även Exit 2 blir blockerad.

Att det tar lång tid tills kritiska förhållanden i matsalen nås kan ses som lite underligt. Detta har att göra med den relativt långa transportvägen dit, att öppningen mellan servering och matsal inte är stor samt dessutom brister i två-zonsmodellen. Att avståndet från tak till dörröppning in till matsalen är stor jämfört med den obefintliga in till personalmatsalen gör att ett brandgaslager kan byggas upp där. Detta bidrar till fördröjningen av kritiska förhållanden i matsalen.

Även om det tar lång tid tills kritiska förhållanden uppnås i matsalen antas att byggnaden ändå måste utrymmas. Den tid det tar innan branden upptäcks baseras på visuella iakttagelser av personalen. Osäkerheter och felkällor för denna simulering är främst två-zonsmodellens giltighet. Som i de andra simuleringarna kan materialval och geometrier också räknas in som felkällor.

4.3.5.3 Brand i bastun

Bäst överensstämmande med två-zonsmodellen är branden i bastun. Sträckan ut till korridoren är kort, branden är liten men dock inte liten i förhållande till utrymmet och ventilationen påverkar inte nämnvärt resultatet. Tillväxtshastigheten som använts är satt till slow. Detta kan förklaras med att branden startar som en glödbland för att sedan övergå till en flambrand. Utrymmena är relativt kala, det finns inte mycket brännbart material. Det finns heller inga stora ventilationsöppningar ut till det fria. Det är inte självklart att det

verkligen blir en två-zonsskiktning i korridoren, då den är ganska lång. Brandgaserna kyls ner och tappar på så sätt sin termiska stigkraft och i stället fås eventuellt ett omblandat fall. Två-zonsskiktning är ändå ett rimligt antagande, då det mest intressanta området är det som är precis utanför omklädningsrummet.

De tider som fåtts fram till kritiska förhållanden är baserade på brandgaslagrets höjd över golvet. I simuleringarna ligger höjden på knappt 2 m. Detektionstiden blir avgörande huruvida en säker utrymning kan ske. Rökdetektorerna har fått sämsta möjliga värden som finns att tilldela i datormodellen, en känslighet på 0,4 dB/m, eftersom typ och kvalitet är okänd.

4.3.6 Sammanställning av effektutvecklingar och tid till kritiska förhållanden

För att ge en klarare bild över tankegång samt valet av effektutveckling, ges nedan en sammanställning av data som använts. Den visuellt uppskattade maxeffekten i kolumn två är baserat på brännbart material som finns i respektive utrymme. Maxeffekten i kolumn tre är baserad på ventilationsberäkningar, då hänsyn tas till öppningar. Maxeffekten i kolumn fyra är det högsta möjliga värde som fås ur simuleringar i Argos vid rådande förhållanden. Tiden till kritiska förhållanden i kolumn fem bygger på den maxeffekt som ges vid simuleringar i datorprogrammet Argos.

Scenario	Visuellt uppskattad maxeffekt (MW)	Maxeffekt med hänsyn till öppningar (MW)	Maxeffekt simulerat i Argos (MW)	Tid till kritiska förhållanden (minuter)
Brand i gästmatsalen	3,5	3,9	1,9	11
Brand i köket	2,5	11,4	1,6	2
Brand i bastun	3,5	3,1	0,8	8

Tabell 3. Sammanställning av effekter samt tid till kritiska förhållanden. Tiden till kritiska förhållanden avser de rum som önskas undersökas vid utrymning, dvs rum där människor befinner sig eller utrymmen som är nödvändiga att använda vid utrymning.

5. Ventilationens funktion vid brand

5.1 Allmänt

Ventilationssystemet är ombyggt och moderniserat. Det gamla fläktrummet i källaren är tömt och de nya aggregaten är placerade på lokalens tak. Kökets ventilation är helt avskild från det övriga ventilationssystemet.

5.2 Brand i gästmatsalen

I detta scenario är dörren till brandrummet öppen. Detta har till följd att någon avsevärd tryckökning inte kommer att ske i rummet. Brandgaserna kommer att välja den lättaste vägen ut, genom dörröppningen. Någon brandgasspridning via ventilationssystemet blir således inte aktuell¹⁰. Systemets kapacitet för tilluft är 480 l/s, vilket alltså blir det dimensionerande brandflödet.

5.3 Brand i köket

Som tidigare tagits upp förses köket med ett separat ventilationssystem. Med anledning av detta är någon fortsatt kvantitativ beskrivning av ventilationen ej nödvändig. Brandgaserna kan inte sprida sig via ventilationssystemet till något intilliggande rum.

5.4 Brand i bastun

Bastun saknar mekanisk ventilation. Ventilationen i utanförhängande dusch och omklädningsrum har ej kunnat utrönas på grund av bristfälligt ritningsunderlag.

5.5 Slutsatser

I köket och i bastun kommer brandgasspridning via ventilationen inte att ske till intilliggande rum.

Om dörren är öppen i gästmatsalen, kommer inte heller här någon spridning via ventilationen att ske. Vid stängd dörr kommer brandgaserna att spridas ut i tilluftskanalens huvudledning vilket ger upphov till brandgasspridning till den intilliggande matsalen. Detta på grund av att kanalbrandflödet överstiger 80 l/s. Någon ytterligare brandgasspridning kommer ej att ske eftersom flödet är under det dimensionerande brandflödet på 480 l/s.

¹⁰ För brandgasspridning om stängd dörr, se Bilaga D.

6. Utrymning

6.1 Allmänt

Inledningsvis kommer utrymningsbegreppet att behandlas i ett generellt perspektiv. Varje enskilt scenario kommer sedan att beaktas varvid totala utrymningstider kommer att redovisas.

De idag gällande utrymningsvillkoren¹¹ säger att utrymningen från en samlingslokal skall vara genomförd innan kritiska förhållandena uppnås i lokalen. Generellt delas utrymningsförloppet upp i tre faser. Första fasen kallas för varseblivning och andra fasen kallas för beslut och reaktion. Den tredje och sista fasen är tiden för själva förflyttningen. Summan av dessa tider skall vara mindre än den tid det tar till kritiska förhållanden uppstår.

Den tidiga delen av utrymningen karaktäriseras ofta av osäkerhet, missförstånd och ineffektivitet¹². Det vanligaste är att varje enskild individ försöker ta reda på vad som hänt och därefter besluta sig för att agera. Ofta innebär dessa beslut att varna och hjälpa andra, bekämpa branden, ringa räddningstjänsten, rädda materiella ting samt att utrymma lokalen. Personer som inte känner varandra sedan tidigare tvekar ofta innan de påbörjar en utrymning för att undvika att göra bort sig.

Strävan i de bedömningar som gjorts är att efterlikna verkligheten i största möjliga utsträckning.

Den tid det tar för en person som befinner sig i lokalen att upptäcka att något onormalt har inträffat kallas för varseblivningstid. Tiden är beroende av en mängd olika faktorer, bl a om personen ifråga ser branden eller inte, om det finns detektorer som kan upptäcka branden och om det finns ett automatiskt utrymningslarm som kan påkalla personens uppmärksamhet.

Besluts- och reaktionstiden innefattar den tid som tas i anspråk under utrymningen innan personerna i lokalen påbörjar en förflyttning. Det är under denna tid som personerna försöker ta reda på vad som hänt, vad de ska göra osv. Besluts- och reaktionstiden är därför ofta längre än både varseblivnings- och förflyttningstiden. Man kan minska tiden för beslut och reaktion genom att installera ett talat utrymningslarm som underlättar beslutsfattandet, utbilda personal som kan hjälpa till under utrymningen, ha väl synliga utrymningsskyltar samt ha tillräcklig belysning.

Hur lång tid det tar att förflytta sig ut ur en lokal beror bl.a. på hur personerna är fördelade i lokalen och vilka personer det är frågan om. Vissa människor har nedsatt rörelseförmåga och kan då behöva mer hjälp för att ta sig ut. Gånghastigheten påverkas även av belysningen i lokalen och utrymningsskyltarnas placering. Något som ofta påverkar förflyttningstiden är om det blir köbildning vid dörrar och trånga passager samt antalet dörrar.

¹¹ Brandskyddshandboken.

¹² Tid för utrymning vid brand.

6.2 Varseblivning samt besluts- och reaktionstid

6.2.1 Brand i gästmatsalen

Branden tillåts här att tillväxa utan upptäckt i och med att den uppkommer i ett dolt utrymme. Något detektorsystem för tidig upptäckt av brand finns ej. Detta är ett allvarligt scenario eftersom varseblivningstiden kan bli mycket lång, vilket har till följd att branden hinner tillväxa och bli mer omfattande.

Bedömningen som gjorts i just detta fall är att branden ej kommer att upptäckas innan brandgaser tränger in i publiken. Bedömningen, som är gjord på resultatet i simuleringar, pekar på en tid upp mot 5 minuters varseblivningstid.

I detta fall kan slutsatsen dras att de individer som skall utrymma kommer att se röken från branden. Detta pekar mot en beslutstid ner mot en minut¹³. Detta förutsätter dock att personerna är vakna och pigga och uppmärksammar det onaturliga i situationen. Men eftersom det är en publik som skall utrymmas och man kan anta att personerna är något alkoholpåverkade, ökas beslutstiden.

En annan viktig faktor i sammanhanget är att de som uppehåller sig i denna lokal får antas vara relativt väl insatta i ämnet brand. Detta kan vara en fördel ur beslutsperspektivet, då de flesta snabbt inser allvaret i situationen. Nackdelar kan dock förutses då beslut skall fattas om utrymning. Det finns fog för att anta att vissa individer försöker inleda en släckinsats istället för att utrymma. Med anledning av den glesa förekomsten av bärbara brandsläckare har en sådan insats små utsikter att lyckas, varvid den enda effekten blir att utrymningstiden förlängs.

För att få klarhet i vilka tidsperspektiv det handlar om utfördes ett försök på plats.

¹³ Tid för utrymning vid brand.

6.2.1.1 Utrymningsförsök

Försöket utfördes genom att en försöksperson simulerade två olika reaktioner när väl branden upptäckts. I det första försöket antas individen gå in mot gästmatsalen för att sedan direkt vända och ta sig ut. Denna tid uppmättes till 0:40 minuter.

Vägen illustreras i bilden nedan.



Bild 15. Gångbeskrivning vid utrymningsförsök.

I det andra försöket försöker individen efter att ha undersökt branden, släcka branden med hjälp av den brandsläckare som finns i lokalen. Försöket misslyckas dock och personen tar sig ut. I försöket antogs en tömningstid för brandsläckaren på 0:30 minuter. Den totala tiden uppmättes till 2:20 minuter.

Vägen illustreras i bilden nedan.



Bild 16. Gångbeskrivning vid utrymningsförsök.

Med hänsyn till att försöket utfördes under låg stressnivå samt att försökspersonen redan hade kunskap om var brandsläckaren finns, antas denna tid till omkring 3:00 minuter. Transporttiden från brandhärden till utgången dras ifrån eftersom denna kommer att läggas till senare. Det ovan förda resonemanget leder oss fram till en besluts- och reaktionstid för detta scenario på 2:30 minuter.

6.2.2 Brand i köket

Det antas här att det finns ett antal individer inom synhåll av den tänkta initieringsplatsen för branden. Detta har till följd att varseblivningen nu blir relativt kort. Kökspersonalen bedöms upptäcka branden inom 0:30 minuter. Dock får det förmodas att gästerna i matsalen inte blir varse om situationen lika snabbt som personalen i köket, utan en fördröjning av informationen kan antas till ytterligare 0:30 minuter. Den slutgiltiga varseblivningstiden förmodas uppgå till 1 minut.

Resonemanget om individerna kommer att se rök eller brand blir i detta scenario en aning svårt att utreda. Det är fullt möjligt att en del personer uppfattar en viss rökutveckling redan tidigt i förloppet. Dock är ett konservativt förhållningssätt att rekommendera och vid ett sådant resonemang verkar 1 minut som besluts- och reaktionstid vara rimlig.

6.2.3 Brand i bastun

I detta scenario kommer branden att få tillväxa utan att upptäckas av någon. Här finns dock ett detektionssystem som hjälper till att upptäcka vad som håller på att inträffa. Detta gör att varseblivningstiden blir relativt lätt att bedöma.

Det antas att alla berörda parter kan uppfatta när utrymningslarmet aktiveras av detektorn. Detektorerna är valda så att de detekterar tämligen långsamt. Tiden från brandens början till den första detektorn utlöser är simulerad till ca 6 minuter. Utlösningstiden för den andra detektorn är simulerad till 7:30 minuter. Eftersom konservativa värde är att eftersträva blir det senare värdet varseblivningstid för detta scenario.

I detta scenario har de individer som befinner sig i konferenssalen en central roll. De kommer att vara mest utsatta för brandens omedelbara följder. Utgångspunkten blir här att ingen i konferenslokalen kommer att kunna se någon rök eller brand när utrymningslarmet börjar ljuda. Detta samt intensiteten i rådande aktivitet kan medföra en längre reaktionstid. Den individ som är ansvarig för aktiviteten i salen har dock stor möjlighet att påverka övriga. Vidare kommer branden snabbt att upptäckas om bara någon öppnar dörren ut i korridoren.

Det ovan förda resonemanget leder oss fram till en varseblivnings- samt besluts- och reaktionstid för detta scenario på 8 minuter.

6.3 Simulex

6.3.1 Allmänt

Simulex är ett datorprogram utvecklat av P. Thompson, senare i samarbete med IES i Glasgow. Programmet används för att simulera utrymningsförlopp i olika byggnader och beräknar tiden för förflyttning av personer i en byggnad tills alla har lämnat den¹⁴. Programmet ger även tillgång till en textfil där all information om simuleringen sparas¹⁵.

Det är möjligt att lägga in redan existerande ritningar på ett objekt. Detta underlättar arbetet väsentligt. I ritningen definieras trappor och utgångar enligt de förutsättningar som väljs. Personer placeras sedan ut på godtycklig plats. Olika egenskaper på dessa personer kan väljas individuellt t.ex. gånghastigheten. Programmet räknar ut ett antal avståndskartor. Detta innebär att det är möjligt att låta alla individer utrymma genom närmaste utgång eller specificera vilken utgång individen skall välja.

Det är även möjligt att lägga in besluts- och reaktionstider för individerna. I de simuleringar som kommer att redovisas nedan är denna tid specificerad till endast 1sek. Hänsyn till besluts- och reaktionstid samt varseblivningstid har behandlats tidigare i rapporten.

6.3.2 Begränsningar

Värt att komma ihåg är att programmet endast ger en modell av verkligheten, men kan ge en bra bild över var det blir problem i utrymningen samt utgöra ett diskussionsunderlag vid utrymningsdimensionering.

Som tidigare nämnts skall ej för stor tillit sättas till Simulex. Programmet har en del brister, varvid de viktigaste tas upp nedan.

Innan simuleringen påbörjas måste det specificeras vilken utgång vilka personer skall välja. Om det sedan blir köbildning vid en utgång och det är tomt vid en annan, byter ej personerna utgång automatiskt. Detta är en avsevärd avvikelse från verkliga fallet.

Programmet tolkar alla streck på ritningen som hinder. Ritningarna måste således vara rena från streck, text, mm som kan påverka simuleringen.

Programmet kan ej direkt simulera spiraltrappor utan endast raka trappor. Detta kan lösas genom att istället göra trappan längre.

Vid trånga passager kan proppar uppstå. Personer som möts kan helt enkelt inte gå runt varandra, som i det verkliga fallet, utan blir fast inne i objektet. Detta problem blir särskilt tydligt vid simuleringar med komplicerade inre strukturer samt många individer.

¹⁴ "Computer and fluid modelling of evacuation" Safety Science 18 (1995) av P.Thompson och E.W Marchant.

¹⁵ Exempel på textfil från Simulex, se Bilaga E.

6.3.3 Resultat av förflyttningstider

6.3.3.1 Brand i gästmatsalen

I detta scenario redovisas tre simuleringar. I den första har antagits att det är under sommarhalvåret, och i den andra att det är vinter. Den tredje simuleringen undersöker hur mycket kortare förflyttningstid som erhålls med en ny nödutgång vid trapphuset ner till Exit 6. Det antas då att endast denna nödutgång används och inte utrymningsvägen ner genom källaren. Exit 2 är under samtliga simuleringar blockerad pga. branden. Dessa ovanstående antaganden styr i vilken omfattning de olika utgångarna används.

Det är vanligt att människor utrymmer samma väg som de kom in i byggnaden¹⁶. Detta gäller i högre grad för byggnader som är okända för individen. I och med att Exit 1 används som entré under sommarhalvåret kan det antas att fler människor väljer den utgången. Dessutom kan det antas att individerna ej har så mycket ytterkläder som de vill hänga av i kapprummet.

Vintertid är Exit 1 stängd och används endast som nödutgång. I stället används Exit 6 som entré. Dessutom har folk ytterkläder i kapprummet. Följaktligen kommer fler människor att välja den vägen ut under vinterhalvåret.

För att undersöka hur mycket kortare förflyttningstiden blir med en ny nödutgång vid trappan ner till Exit 6, gjordes ytterliggare en simulering för vintertid med denna utgång i åtanke.

Vilka typer av personer¹⁷ som skall befinna sig i byggnaden har tagits hänsyn till efter besök på objektet. Vid besöken konstaterades att det i huvudsak var män i byggnaden. Med anledning av detta är det också högst andel män i simuleringarna. Det finns även en liten mängd äldre individer (motsvarande personer med nedsatta funktioner), främst för att simulera det värsta tänkbara scenariot.

Det totala antalet personer har fastställts genom besök på plats samt genom samtal med personal, besökare mm. Där har det framkommit att det någon gång varit uppemot 90 personer i lokalen under pubaftnar. Därför är simuleringarna gjorda med detta antal individer.

¹⁶ Tid för utrymning vid brand.

¹⁷ För persontyper i varje enskilt scenario, se Bilaga F.

Nedan redovisas en schematisk bild över individernas placering vid simuleringens början.

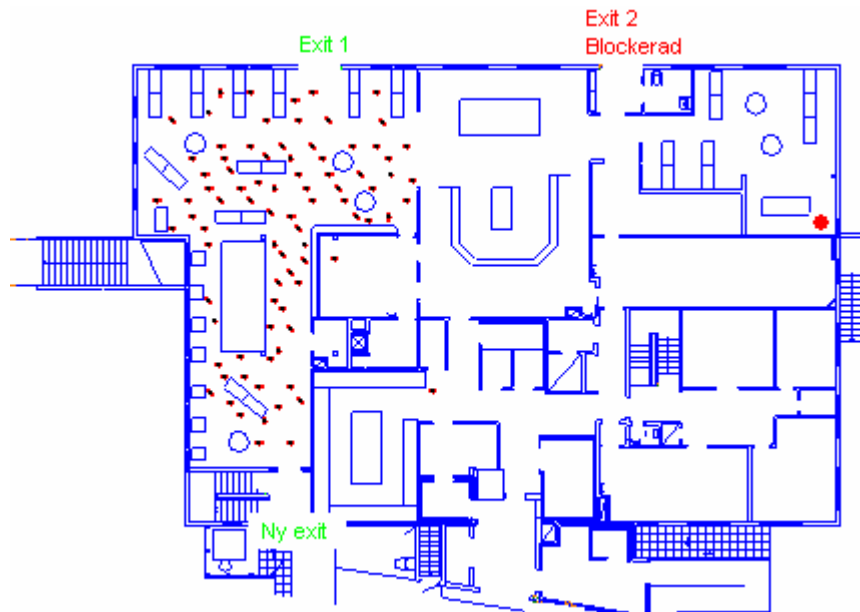


Bild 17. Schematisk bild över entréplanet vid simuleringens början.

Med förflyttningstiden avses i samtliga fall endast den effektiva tiden det tar för samtliga individer att utrymma. Förflyttningstiden sommartid simulerades till 1:10 minuter, vintertid till 1:50 minuter samt vintertid med ny nödutgång till 0:26 minuter.

De simuleringar som är gjorda med befintliga utgångar visar att förflyttningstiden blir relativt låg. Det intressanta är hur tiden skulle kunna sänkas med en ny nödutgång. Enligt simuleringarna skulle tiden förkortas avsevärt. Dock är detta resultat en aning missvisande. Anledningen till detta är att trapphuset ner till källarplanet är en egen brandcell. De individer som utrymmer den vägen är således i säkerhet redan då de går in i trapphuset. När människorna skall utrymma ner genom trapphuset, måste de dock öppna dörren till detsamma. Samma sak gäller när de går ut ur trapphuset på källarplanet. Om en ström människor utrymmer denna väg, kommer alltså dörrarna till trapphuset att stå öppna under utrymningen. Detta gör det möjligt för brandgaser att tränga in den vägen.

Med ledning av resonemanget ovan skulle det alltså främja utrymningssäkerheten markant med en ny nödutgång vid trapphuset. Att det dessutom redan finns ett befintligt fönster på den aktuella platsen gör ombyggnationen väsentligt enklare.

I de fortsatta utrymningsresonemangen kommer dock tiden 1:50 minuter att användas, då detta ger det mest konservativa resultatet vid senare jämförelser med kritiska tidpunkter.

6.3.3.2 Brand i köket

Detta scenario är främst framtaget för att titta på hur utrymningen ser ut när lokalen är full av folk. Detta innebär 350 personer i matsalen samt ytterliggare folk i konferenslokalen på källarplanet mm till ett totalt antal på 403 individer.

Tre simuleringar är utförda. I den första simuleringen tar alla personer den närmaste vägen ut. Detta innebär att alla personer på entréplanet använder Exit 1 och Exit 2. Detta är troligt om trappan ner till Exit 6 är blockerad av någon anledning. Här blir förflyttningstiden 1:30 minuter.

I den andra simuleringen tar ca 30 % av personerna på entréplanet trappan ner till Exit 6. Denna händelseutveckling får bedömas som den troligaste. Förflyttningstiden blir ca 2:30 minuter.

Den tredje och sista simuleringen visar hur utrymningen ser ut om det istället skulle sättas in en ny nödutgång som leder direkt ut vid trappan mot Exit 6. Förflyttningstiden fås till ca 2 minuter.

Nedan redovisas schematiska bilder över individernas placering vid simuleringens början.

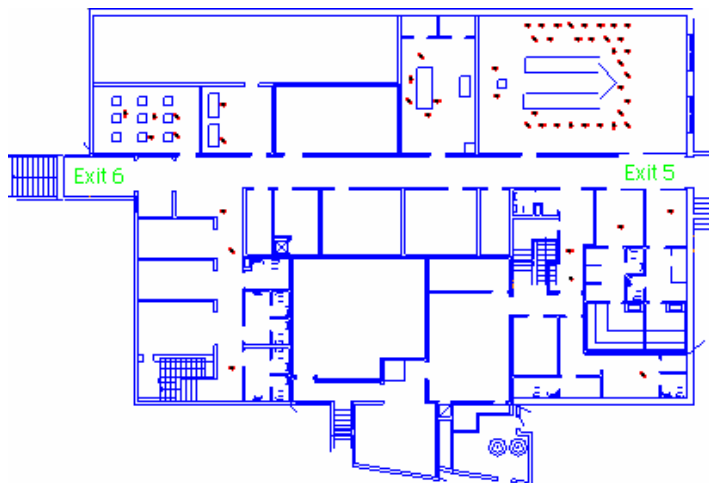


Bild 18. Schematisk bild över källarplanet vid simuleringens början.

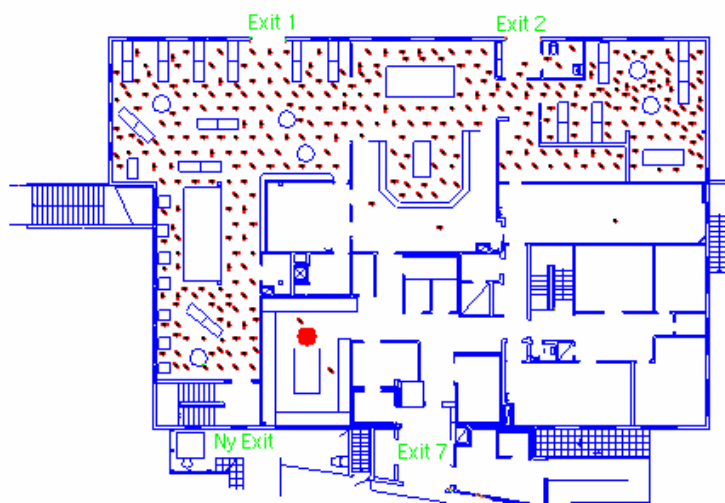


Bild 19. Schematisk bild över entréplanet vid simuleringens början.

Även i detta scenario är simulering 2 en aning missvisande av samma anledning som redan nämnts i scenariot för gästmatsalen, dvs att dörren till trapphuset står öppen under utrymningen. Dock förstärks resonemanget om en ny nödutgång ytterliggare genom dessa simuleringar. Om denna utgång vore tillgänglig, skulle det även i detta scenario ge en stor positiv effekt på transporttiden.

I det fortsatta resonemanget kommer en förflyttningstid på 2:30 minuter att användas för att uppnå ett konservativt värde.

6.3.3.3 Brand i bastun

Detta scenario är främst framtaget för att titta på utrymningen ur konferenssalen, där 32 personer antas befinna sig. I och med att individerna i konferensrummet har två utrymningsvägar, som dock ej är oberoende av varandra, blev detta scenario intressant ur utrymningsperspektiv. I de sex simuleringar¹⁸ som är gjorda varierar vilken typ av individer som befinner sig i konferenslokalen samt vilka utrymningsvägar de väljer.

Nedan redovisas schematiska bilder över individernas placering vid simuleringens början.

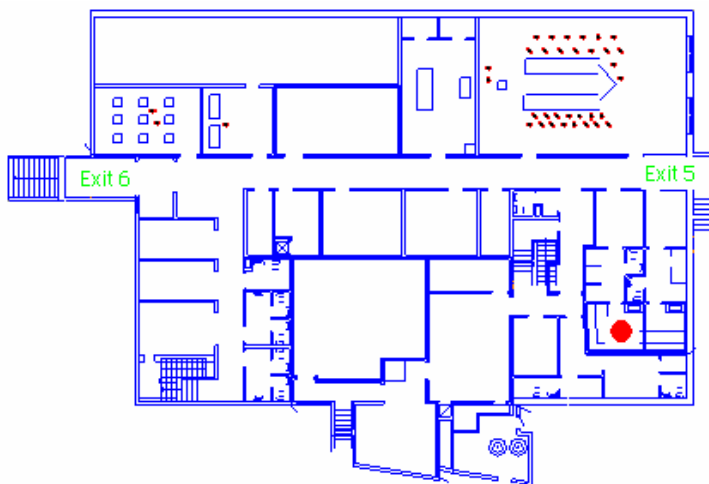
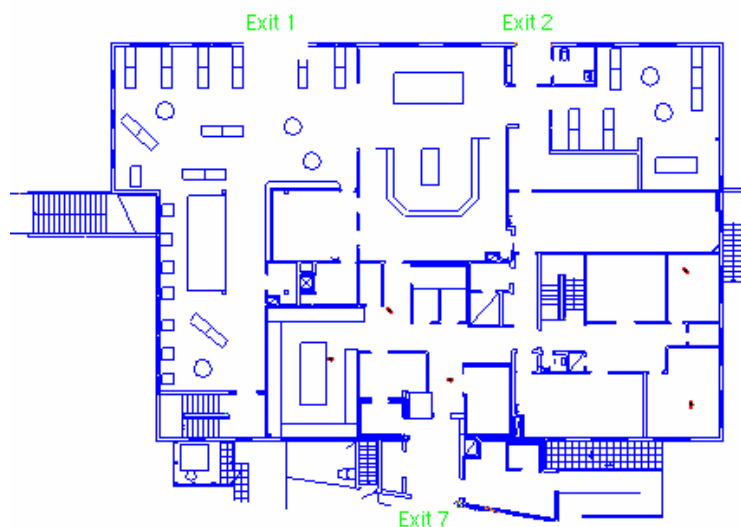


Bild 20. Schematisk bild över källarplanet vid simuleringens början.



¹⁸ Simuleringarna är numrerade och dess innebörd framgår av tabeller i Bilaga F.

Bild 21. Schematisk bild över entréplanet vid simuleringens början.

Förflyttningstiderna för de olika simuleringarna är förhållandevis likartade, 1-1:30 minuter. Med anledning av att utrymningsavstånden i detta scenario är små kan även slutsatsen dras att det ej är själva förflyttningstiden som är direkt avgörande för om individerna skall hinna ut vid tillbud. Det viktiga här blir istället varseblivningstid tillsammans med besluts- och reaktionstid.

I det fortsatta resonemanget kommer en förflyttningstid på 1:30 minuter att användas för att uppnå ett konservativt värde.

6.4 Sammanställning av totala utrymningstider

Nedan redovisas de totala utrymningstider som fastställts för varje enskilt scenario. När den nya nödutgången används, antas det att ingen använder utrymningsvägen via källaren.

Scenario	Varseblivning (minuter)	Beslut, reaktion (minuter)	Förflyttning (minuter)	Totalt (minuter)
<i>Brand i gästmatsalen</i>				
Bef byggnad	5:00	2:30	1:50	9:20
Ny exit	5:00	2:30	0:26	7:56
<i>Brand i köket</i>				
Bef byggnad	1:00	1:00	2:30	4:30
Ny exit	1:00	1:00	1:45	3:45
<i>Brand i bastun</i>	7:30	0:30	1:25	9:25

Tabell 4. Sammanställning av totala utrymningstider.

För att verifiera resultaten av de simuleringar som utförts, har även varje scenario räknats igenom med handberäkningar¹⁹. Detta för att kontrollera tillförlitligheten i simuleringarna.

¹⁹ För jämförelser och resultat mellan handberäkningar och simuleringar, se Bilaga G.

7. Värdering av säkerhetsnivån

7.1 Allmänt

Tid till kritiska förhållanden respektive tid för utrymning har valts utifrån gjorda simuleringar. Vad gäller utrymningstiden är det inga större skillnader i resultaten mellan handberäkningar och simuleringar. Sålunda används de högsta värdena för att ge större marginaler, dvs. simuleringstiderna. Handberäkningarna²⁰ ger kortare tid till kritiska förhållanden i jämförelse med simuleringarna, men detta beror på att det inte tas hänsyn till transporttider av brandgaserna i handberäkningarna. På grund av detta används de simulerade värdena. Handberäkningar har i huvudsak utförts för att kontrollera att resultaten i simuleringarna är rimliga.

Scenario	Tid till kritiska förhållanden (minuter)	Total utrymningstid (minuter)
<i>Brand i gästmatsalen</i>		
Bef byggnad	11:00	9:20
Ny exit	11:00	7:56
<i>Brand i köket</i>		
Bef byggnad	2:00	4:30
Ny exit	2:00	3:45
<i>Brand i bastun</i>		
	8:00	9:25

Tabell 5. Jämförelser mellan tiden till kritiska förhållanden och den totala utrymningstiden.

7.2 Brand i gästmatsalen

Tiden tills kritiska förhållanden nås är ca 11 minuter, enligt simuleringar i Argos. Om man däremot räknar med att man får ett väl omblandat fall, uppnås kritiska förhållanden efter ca 12 minuter, med hänsyn taget till de transporttider som fås i datorsimuleringarna.

Motsvarande utrymningssimulering i Simulex ger en total utrymningstid på ca 9:20 minuter. Med en ny nödutgång vid trapphuset blir utrymningstiden ca 8 minuter. Detta innebär, enligt simuleringarna, att säker utrymning kan ske innan kritiska förhållanden uppnås. Dock bör åter poängteras att utrymningstiden blir kortare med en ny nödutgång samt att denna skulle innebära en mer säker utrymning. Trapphuset ska vara en egen brandcell, men kommer i praktiken inte att fungera som en sådan, då dörren står öppen under hela utrymningstiden. Sålunda kommer brandgaser att kunna läcka in i trapphuset och då kan det praktiskt sett inte räknas som en egen brandcell.

7.3 Brand i köket

Tiden tills kritiska förhållanden nås är ca 2 minuter, enligt simuleringar i Argos. Denna tid gäller för gästmatsalen och serveringen, men blir avsevärt längre för stora matsalen. Enligt simuleringen kan stora matsalen ses som en relativt säker

²⁰ För handberäkningar för kritiska förhållanden, se Bilaga H.

plats, vilket dock är orimligt med tanke på att brandgaser säkerligen kommer att läcka in där också. Återigen poängteras att det är personsäkerheten som studeras i rapporten och inte brandspridning.

Med hjälp av utrymningssimuleringar i Simulex fås en total utrymningstid på ca 4:30 minuter. Med en ny nödutgång blir utrymningstiden ca 3:45 minuter. Detta är ej tillräckligt för att en säker utrymning från hela lokalen ska vara möjlig, enligt de kriterier som är uppsatta. Dock kan man påpeka att själva den kritiska delen, dvs gästmatsalen och serveringen kan komma att utrymmas fortare. Detta dels tack vare att varseblivningstiden samt besluts- och reaktionstiden blir kortare då man ser det direkta hotet och dels pga. att det inte finns lika många människor i den delen av byggnaden som tex. stora matsalen.

Ventilationen har inte tagits hänsyn till i datorsimuleringen och antas bidra till att transportera bort brandgaser. Detta leder till en längre tid tills kritiska förhållanden uppstår, men tas som sagt inte hänsyn till här.

Det som generellt gäller för objektet är att personalen ej kan anses som välutbildad ur brandsammanhang. Detta grundat på samtal med personalansvarig på plats. Genom att ha välutbildad personal som kan hantera handbrandsläckare på ett effektivt sätt, kan branden fördröjas eller i bästa fall släckas helt. Personalen kan även hjälpa till att göra utrymningen smidigare till exempel genom att vägleda och öppna utrymningsdörrar.

Alternativt kan ett fast släcksystem installeras vid spisen i köket, förslagsvis ett koldioxidsystem för att minimera föroreningar och saneringskostnader. På så sätt kan branden släckas innan kritiska förhållanden uppstår över huvud taget. Personalen bör emellertid ändå vara bättre förberedda och ha bättre utbildning vad gäller utrymning och brand.

7.4 Brand i bastun

Tiden till kritiska förhållanden nås är ca 8 minuter, enligt simuleringar i Argos. Motsvarande utrymningssimulering i Simulex ger en total utrymningstid på ca 9:30 minuter. Detta är ej tillräckligt för att en säker utrymning ska vara möjlig.

Med en avskiljning av korridoren skapas två av varandra oberoende utrymningsvägar, vilket möjliggör en säker utrymning från konferenslokalen. Detta tack vare att kritiska förhållanden ej uppnås på båda sidor om avskiljningen.

8. Förslag till förbättringar

8.1 Allmänt

Generellt anses säkerhetsnivån i byggnaden vara god, men det finns dock en del saker att poängtera som går att förbättra. Antalet handbrandsläckare är bristfälligt och fler skall installeras. Vad gäller utrymningsvägarna är skyltningen mycket bra. Utrymningsvägarna skall dock rensas från hinder och på vissa dörrar krävs nya öppningsanordningar. Korridoren på källarplanet skall delas av för att komplettera säkerheten. Fler rökdetektorer bör installeras och larmet bör vidarekopplas till räddningstjänsten. Själva utrymningslarmet i lokalen är bra och väl placerat. Personalen på Revinge restaurang skall ges utbildning i brandsläckning samt utrymning.

8.2 Handbrandsläckare och släcksystem

Antalet brandsläckare är väldigt begränsat och anses vara otillräckligt. På entréplanet finns endast en vattensläckare i restaurangavdelningen, samt en koldioxidsläckare vid köket.

För att öka säkerhetsnivån och tillgängligheten till en effektiv handbrandsläckare, *skall* det installeras två pulversläckare av ABC-typ i matsalen. Pulversläckare har bäst släckeffekt och har sålunda störst möjlighet att ge ett lyckat släckresultat för en ovan användare. Den ena pulversläckaren *skall* ha samma placering som nuvarande vattensläckare och den andra *skall* placeras i anslutning till Exit 2.

Koldioxidsläckaren i anslutning till köket *skall* finnas kvar. Brandsläckare med koldioxid minimerar föroreningar, saneringstider samt saneringskostnader och lämpar sig därför bra i köket.

Ytterligare en skumsläckare *skall* finnas i anslutning till personalutrymmet. Detta för att kunna släcka en poolbrand i köket om släckning med koldioxid misslyckas samt ge ett visst återantändningsskydd om vätskan återantänder.

Ett fast släcksystem *bör* installeras vid spisen för att snabbt släcka en eventuell brand. Släckmedlet kan förslagsvis vara koldioxid för att minimera föroreningar och saneringskostnader vid utlösning.

På källarplanet *skall* ytterligare en pulversläckare av ABC-typ installeras i anslutning till kapprummet. Som tidigare nämnts har pulversäckare bäst släckeffekt och ger sålunda störst möjlighet att ge ett lyckat släckresultat för en ovan användare.

Skumsläckaren i korridoren *skall* bytas ut mot en pulversläckare av ABC-typ, enligt ovan förda resonemang av släckeffekt. Den *skall* flyttas till andra delen av korridoren, utanför konferenslokalen, för att åtkomligheten till en bra brandsläckare ska förbättras.

8.3 Utrymningsvägar

Skyltningen av utrymningsvägar är bra och uppnår alla kriterier.

Efterlysande markeringar på golvet *skall* bytas ut, då de är mycket slitna. Detta eftersom en av utrymningsvägarna går ner genom källaren, vilket anses som en onaturlig väg att välja för att snabbt ta sig ut. Genom efterlysande markeringar på golvet, förtydligas utrymningsvägen och utrymningen underlättas.

En ny nödutgång *bör* göras på entréplanet i anslutning till trappan ner till källarplan. Detta för att slippa utrymma genom ett annat våningsplan och för att underlätta utrymningen avsevärt.

Utrymningsvägarna *skall* rensas från alla hinder samt brännbara material. På bilden nedan står ett tidningsställ i vägen för en central utrymningsväg på källarplanet. Materialet i tidningsstället är dessutom brännbart.



Bild 22. Blockerad utrymningsväg på källarplanet.

Utrymningsvägen i källarplanet *skall* förses med lättare öppningsanordning. I nuläget krävs det för många handgrepp för att öppna dörren helt.



Bild 23. Öppningsanordning för utrymningsdörr på källarplanet.

Korridoren i källarplanet *skall* delas av för att skapa två av varandra oberoende utrymningsvägar från konferenslokalen. Denna avskiljning *skall* placeras mellan de två befintliga dörrarna. Med en avskiljning av korridoren skapas två av varandra oberoende utrymningsvägar, vilket möjliggör en säker utrymning från konferenslokalen.

8.4 Detektion och larm

Antalet rökdetektorer på entréplanet är bristfälligt, då endast en detektor finns. Ytterligare rökdetektorer *bör* placeras i restaurangavdelningen för att underlätta tidig upptäckt av brand. Antalet detektorer på källarplanet anses vara tillfredsställande. Larmet *bör* vidarekopplas till räddningstjänsten. För att förhindra onödiga larm, kan larmlagring tillämpas.

Gaslarm som indikerar på läckage i pannrummet *bör* installeras. Detta för att tidigt upptäcka ett läckage och förhindra en eventuell explosion.

Placering och antal av larmdon för utrymning är bra. Larmet antas uppfattas väl i samtliga delar av byggnaden.

8.5 Utbildning av personal

Personalen har i nuläget bristfälliga kunskaper om sina uppgifter vid en eventuell brand. Utbildning *skall* ske årligen, då personalomsättningen är stor inom restaurangbranschen. Denna utbildning *skall* innefatta hantering av handbrandsläckare samt rutiner vid utrymning.

Genom att ha välutbildad personal som kan hantera handbrandsläckare på ett effektivt sätt, kan branden fördröjas eller i bästa fall släckas helt. Personalen kan även hjälpa till att göra utrymningen smidigare till exempel genom att vägleda och öppna utrymningsdörrar.

Referenser

Brandskyddshandboken Rapport 3117 (2002). Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lund.

Drysdale, Dougal (2000) *An Introduction to Fire Dynamics*. John Wiley & Sons Ltd. Second edition. West Sussex.

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

Holmstedt, Göran och Nilsson, Daniel *Kompendium Branddetektion*. Avdelningen för Brandteknik, LTH, Lund.

Jensen, Lars (2002) *Dimensionering av sprinklersystem*. Kursmaterial Installationsteknik FK ABK 150. Avdelningen för installationsteknik, LTH, Lund.

Karlsson, Björn och Quintiere, James G. (2000) *Enclosure Fire Dynamics*. CRC Press LLC. Florida.

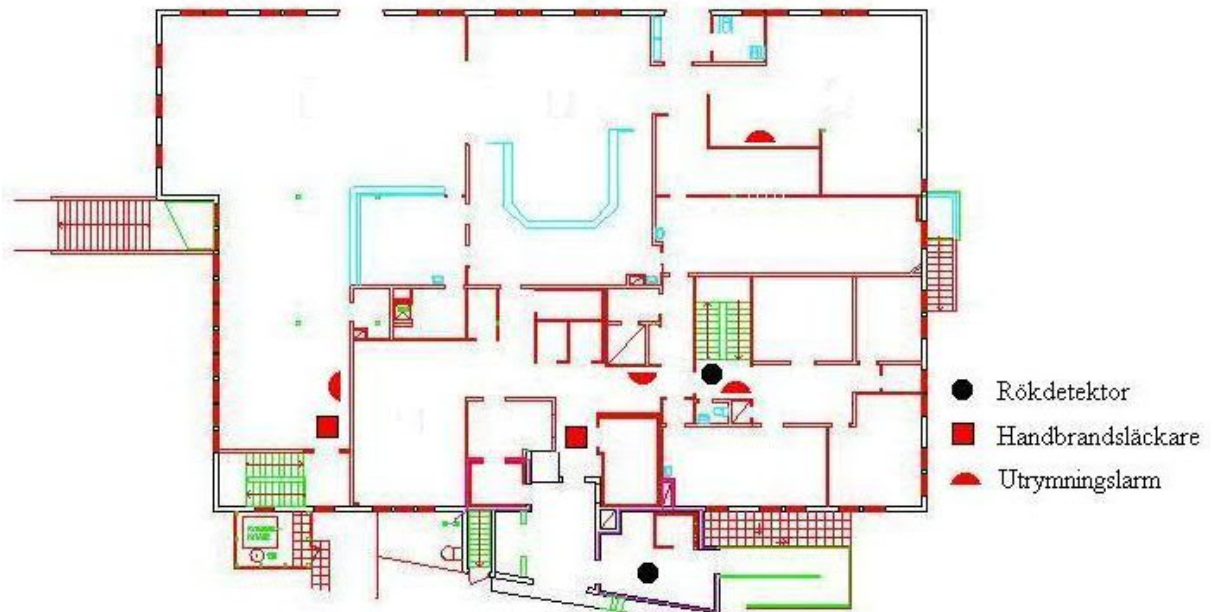
Marchant, E.W och Thompson, P. (1995) *Safety Science 18, Computer and fluid modelling of evacuation*.

Särdqvist, Stefan (1993) *Initial fires*. Avdelningen för Brandteknik, LTH, Lund.

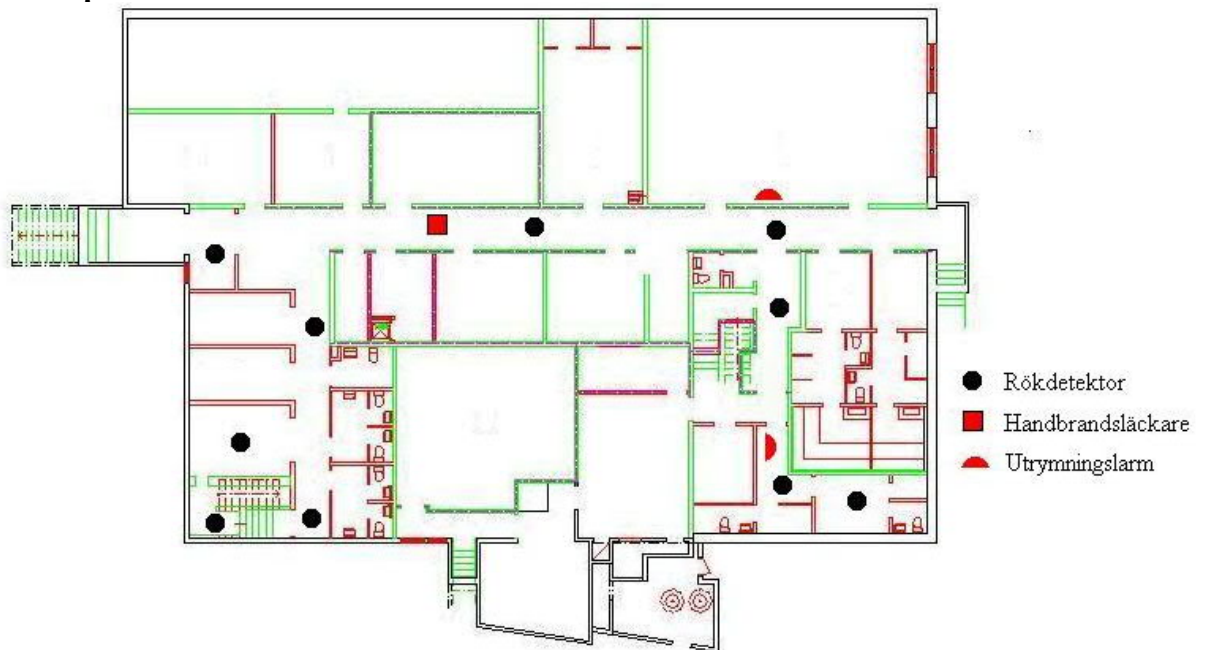
SFPE Handbook of Fire Protection Engineering (2002). Quincy: National Fire Protection Association.

Bilaga A – Larmdon, detektorer, handbrandsläckare

Entréplan



Källarplan



Bilaga B – Rumsgeometrier samt indata för Argos

Beräkningar av maximala effektutvecklingar med hänsyn taget till öppningsfaktorn

$$\dot{Q}_{\max} = \dot{m}_{\text{syre}} \times \chi \times \Delta H_c, \dot{m}_{\text{luft}} = 0,5 \times A_o \times \sqrt{H_o}$$

$$\dot{m}_{\text{syre}} = \dot{m}_{\text{luft}} \times 0,23$$

$$\Delta H_c = 13.1MJ, \chi = 1$$

A_o = arean på öppningarna, H_o = höjden på öppningarna, 0,23 = andelen syre i luft

Brand i gästmatsalen

$$A_o = 0,7 \times 2,0 + 0,45 \times 1,4 = 2,03$$

$$H_{o,av} = \frac{2,0 + 1,4}{2} = 1,7$$

$$\dot{m}_{\text{luft}} = 0,5 \times 2,03 \times \sqrt{1,7} = 1,31$$

$$\dot{m}_{\text{syre}} = 1,31 \times 0,23 = 0,30$$

$$\dot{Q}_{\max} = 0,30 \times 1 \times 13.1 = 3,9MW$$

Brand i köket

Brand i bastun

$$A_o = 0,7 \times 2,1 = 1,47$$

$$\dot{m}_{\text{luft}} = 0,5 \times 1,47 \times \sqrt{2,1} = 1,07$$

$$\dot{m}_{\text{syre}} = 1,07 \times 0,23 = 0,24$$

$$\dot{Q}_{\max} = 0,24 \times 1 \times 13.1 = 3,1MW$$

α -värden

$$\dot{Q} = \alpha t^2 \Rightarrow \alpha = \frac{\dot{Q}}{t^2}$$

Gästmatsalen

$$\alpha = \frac{1900}{(5,4 \times 60)^2} = 0,018 \frac{kW}{s^2}$$

Köket

$$\alpha = \frac{1570}{(1,2 \times 60)^2} = 0,30 \frac{kW}{s^2}$$

Bastun

$$\alpha = \frac{760}{(9,0 \times 60)^2} = 0,0026 \frac{kW}{s^2}$$

α (kW/s ²)	kurvtyp
0,003	Slow
0,012	Medium
0,047	Fast
0,19	Ultrafast

Enligt Enclosure Fire Dynamics sid 41.

Indata för rumsgeometrier till Argos

Gästmatsalen

	gästmatsal	personalmatsal	servering	matsal	matsal soffa
area m ²	12,5	39,6	94,4	103,7	63,8
medelhöjd m	3	3	3	3	3
dörrar #	1	1	0	0	0
fönster #	1	3	4	9	8
öppningar # / m ²	1 / 1,68	2 / 6,0;1,68	2 / 7,2;6,0	2 / 17,4;6,0	1 / 17,4

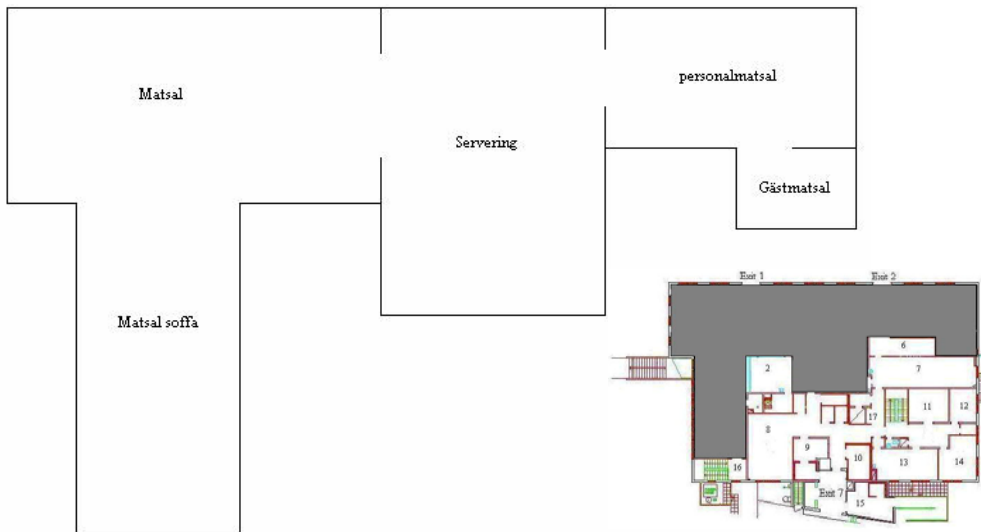
Köket

	kök	korridor	servering	personalmatsal	matsal
area m ²	35,6	17,6	94,4	39,6	103,7
medelhöjd m	3	3	3	3	3
dörrar #	0	1	0	0	0
fönster #	3	0	4	3	9
öppningar # / m ²	1 / 4,8	2 / 2,88;4,8	3 / 6,0;7,2;2,88	1 / 6,0	1 / 7,2

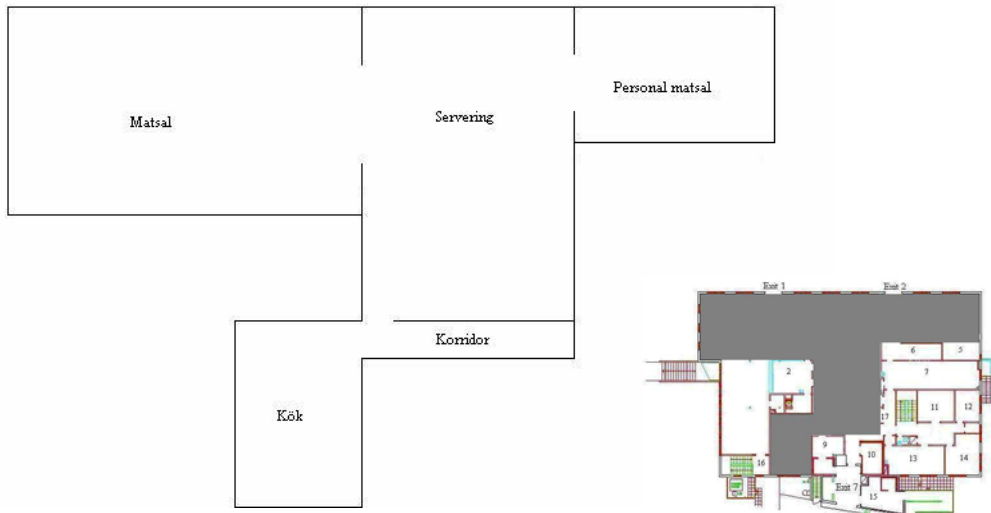
Bastun

	bastu	dusch	omklädning	korridor1	korridor2
area m ²	11,2	6,4	7,8	19,8	22,3
medelhöjd m	2,4	2,4	2,4	3	3
dörrar #	1	2	2	2	1
fönster #	0	0	0	0	0
öppningar # / m ²	1 / 0,04	0	0	1 / 5,4	1 / 5,4

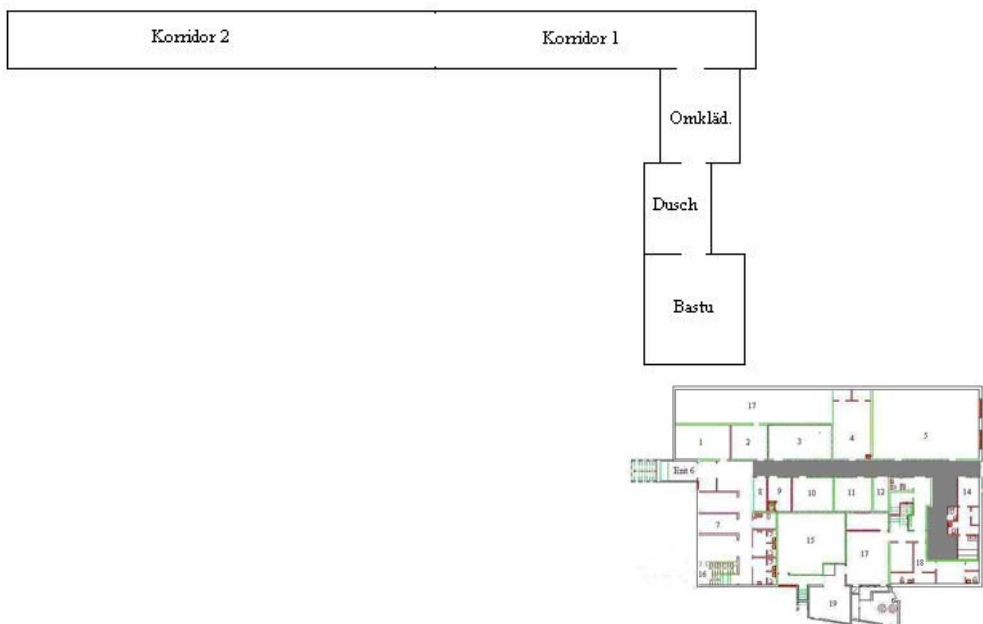
Gästmatsalen



Köket



Bastun



Bilaga C – Kurvor och diagram över resultat i Argos Gästmatsalen

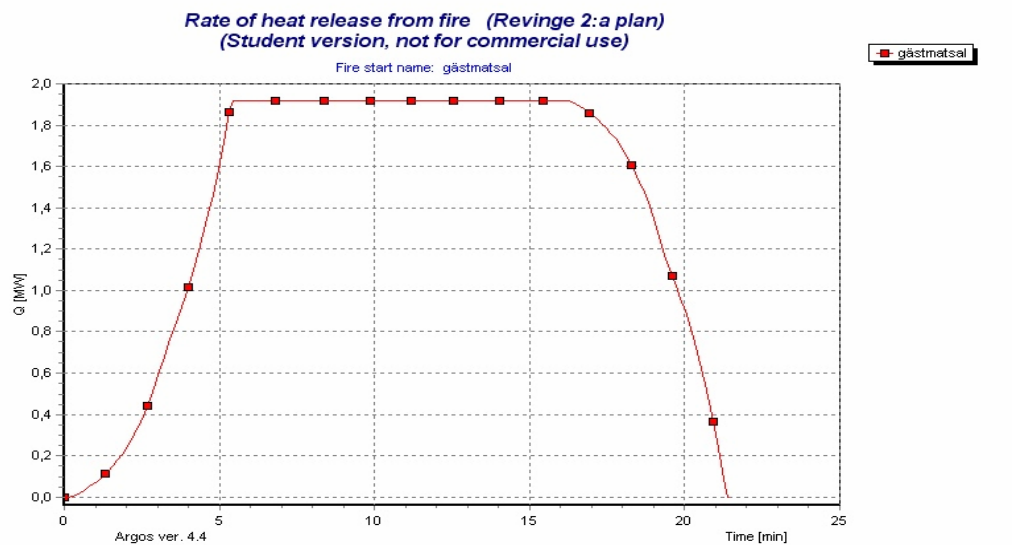


Diagram 1. Effektkurva. Den maximala effektutvecklingen blir ca 1,9 MW som uppnås efter ca 5,5 minuter.

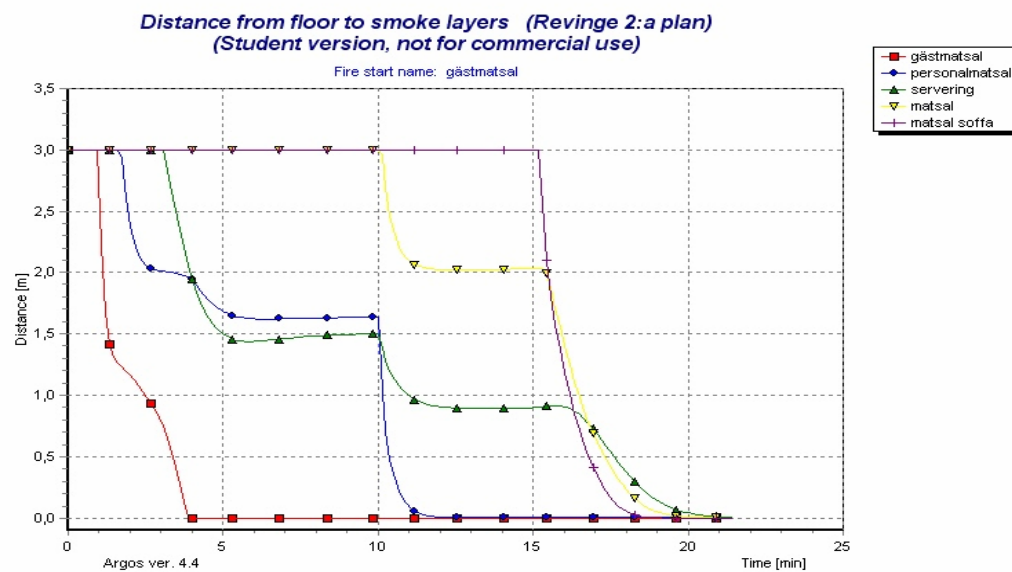


Diagram 2. Avstånd från golvet till brandgaslagrets höjd. Efter ca 11 minuter uppnås kritiska förhållanden i stora matsalen, då brandgaslagrets höjd är 2 m från golvet.

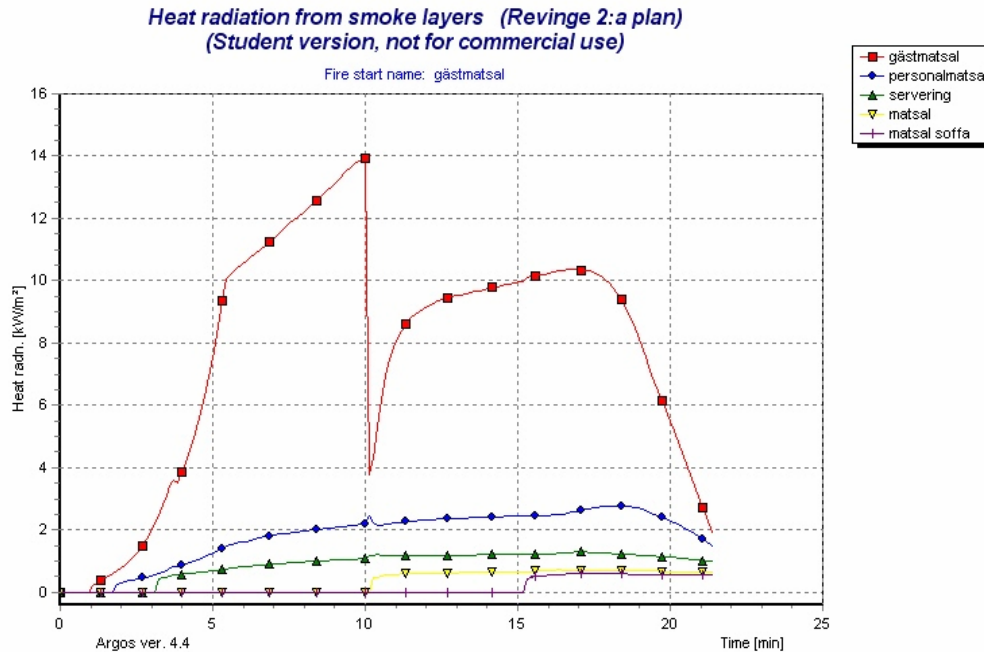


Diagram 3. Värmestrålning från brandgaslagret. Kritiska förhållanden uppstår endast i gästmatsalen. Den markanta sänkningen för gästmatsalen beror på att skjutdörren rasar.

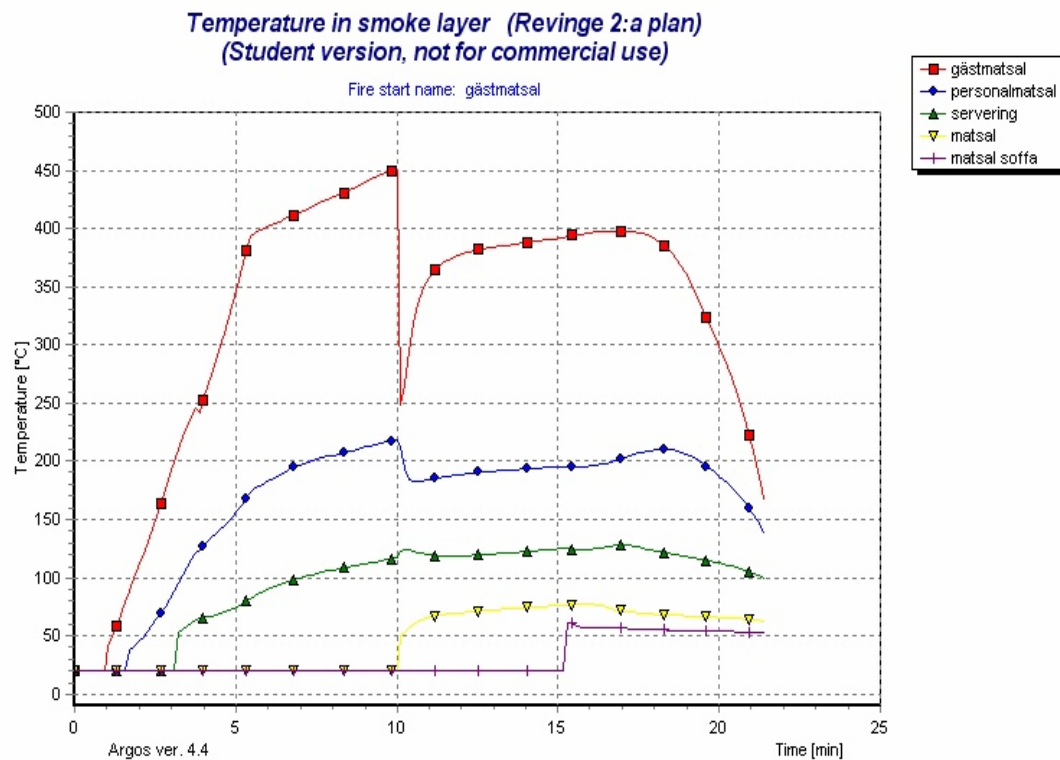


Diagram 4. Temperaturen i brandgaslagret. Temperaturen i stora matsalen uppnår nästan de kritiska förhållandena efter ca 15 minuter. Efter 10 minuter rasar dörren till gästmatsalen och då sjunker temperaturen i gästmatsalen och personalmatsalen, medan den ökar i serveringen och den stora matsalen.

Köket

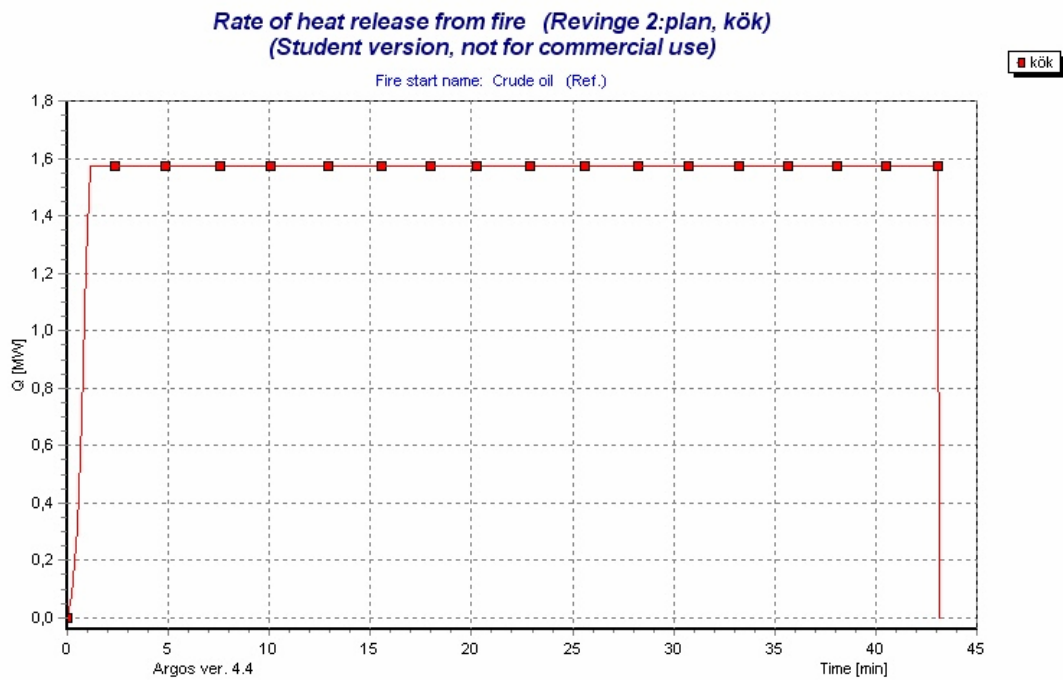


Diagram 5. Effektkurva. Den maximala effektutvecklingen blir ca 1,6 MW som uppnås efter ca 1,2 minuter.

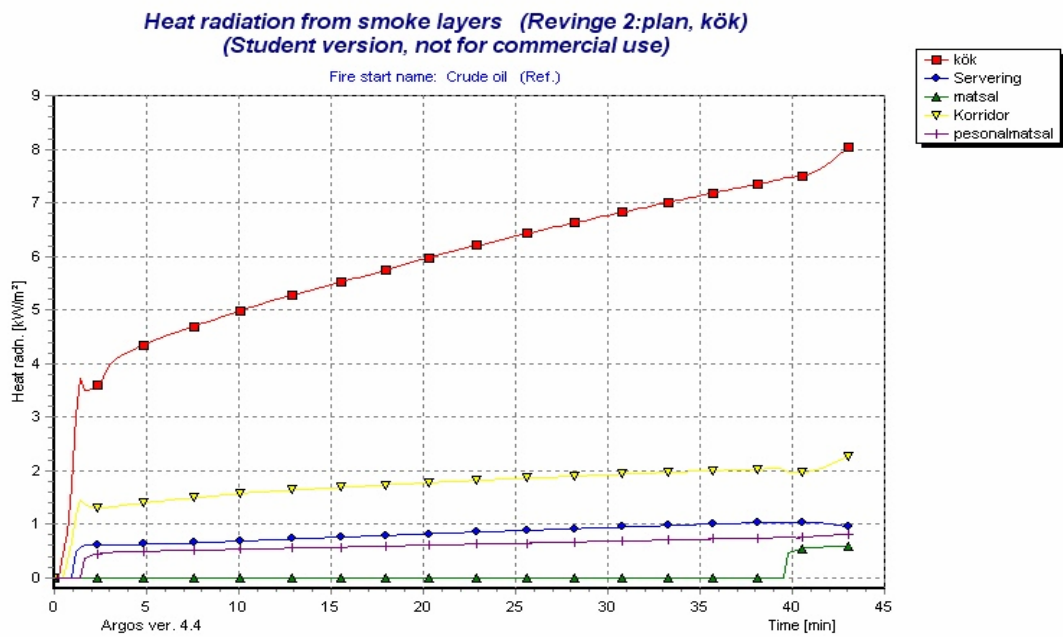


Diagram 6. Värmestrålning från brandgaslagret. Kritiska förhållanden uppstår endast i köket.

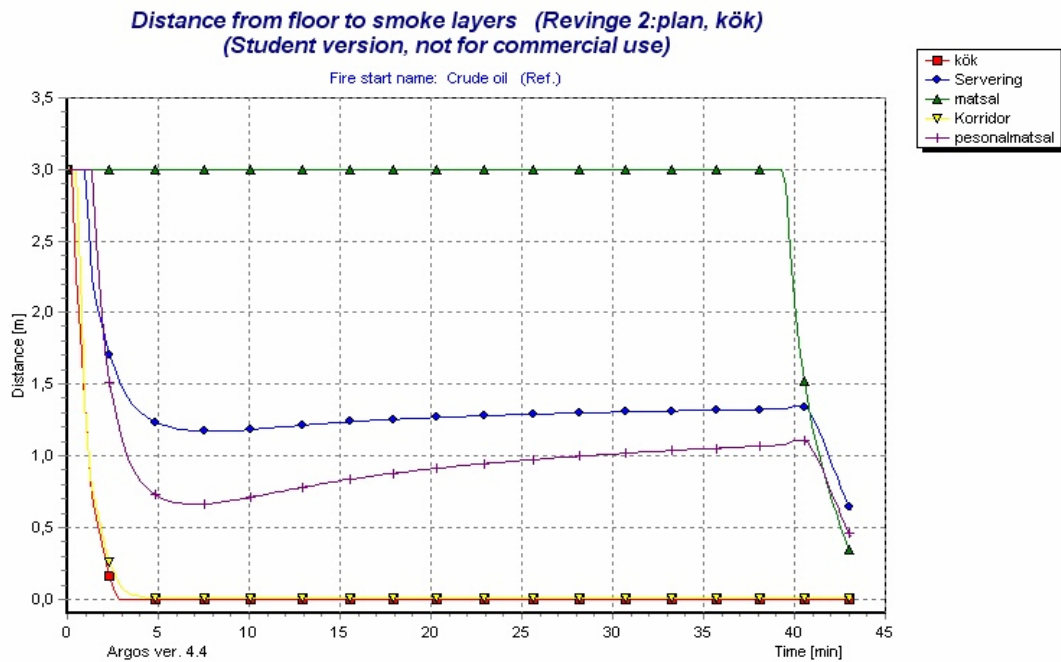


Diagram 7. Avstånd från golvet till brandgaslagrets höjd. Efter ca 1 minut uppnås kritiska förhållanden i köket och korridoren, då brandgaslagrets höjd är 2 m från golvet. Ytterligare en minut senare nås kritiska förhållanden i servering och gästmatsal.

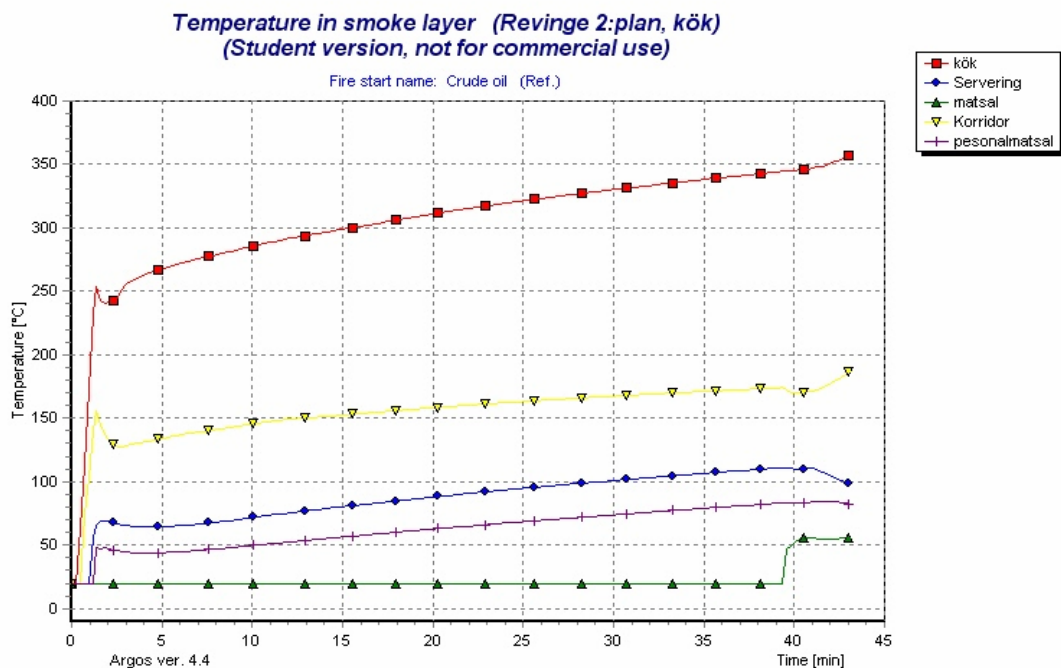


Diagram 8. Temperaturen i brandgaslagret. Kritiska förhållanden nås nästan momentant i köket samt korridoren, men efter ca 15 minuter i serveringen.

Bastun

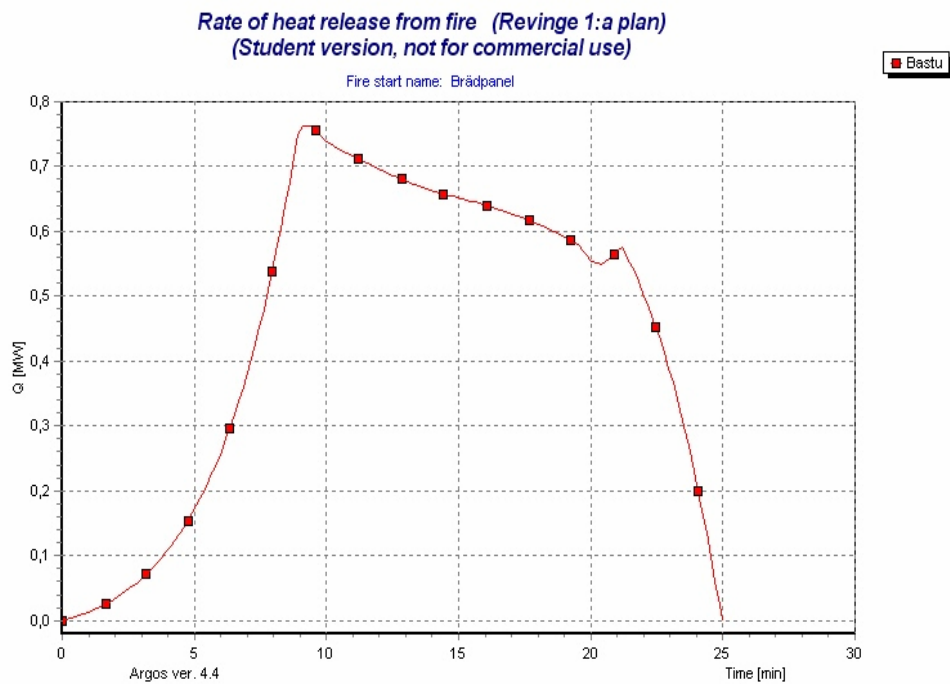


Diagram 9. Effektkurva. Den maximala effektutvecklingen blir ca 0,8 MW som uppnås efter ca 9 minuter.

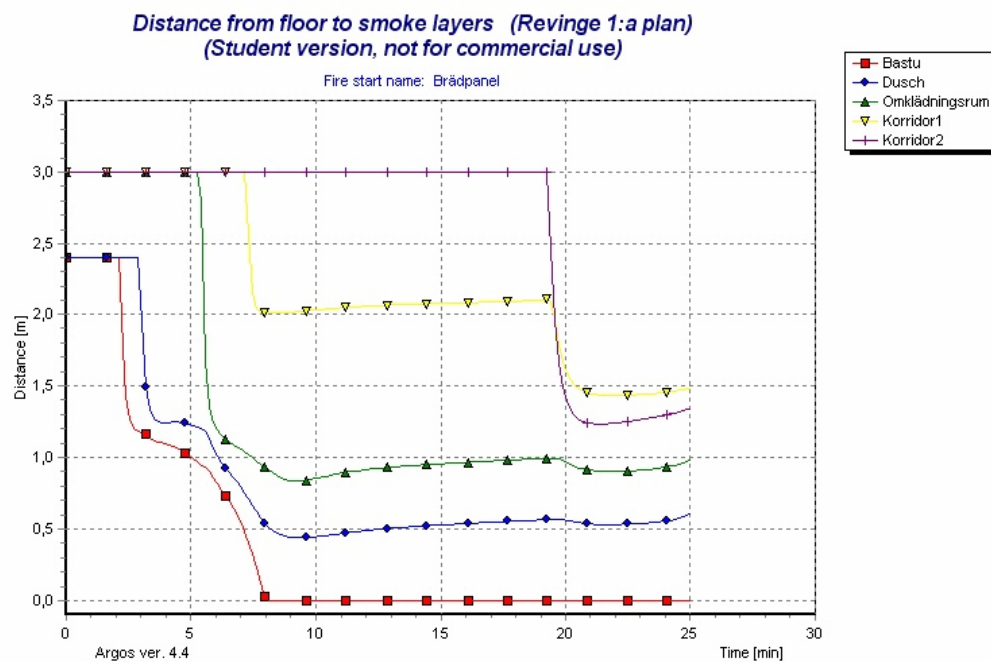


Diagram 10. Avstånd från golvet till brandgaslagrets höjd. Efter ca 8 minuter uppnås kritiska förhållanden i korridoren, då brandgaslagrets höjd är 2 m från golvet.

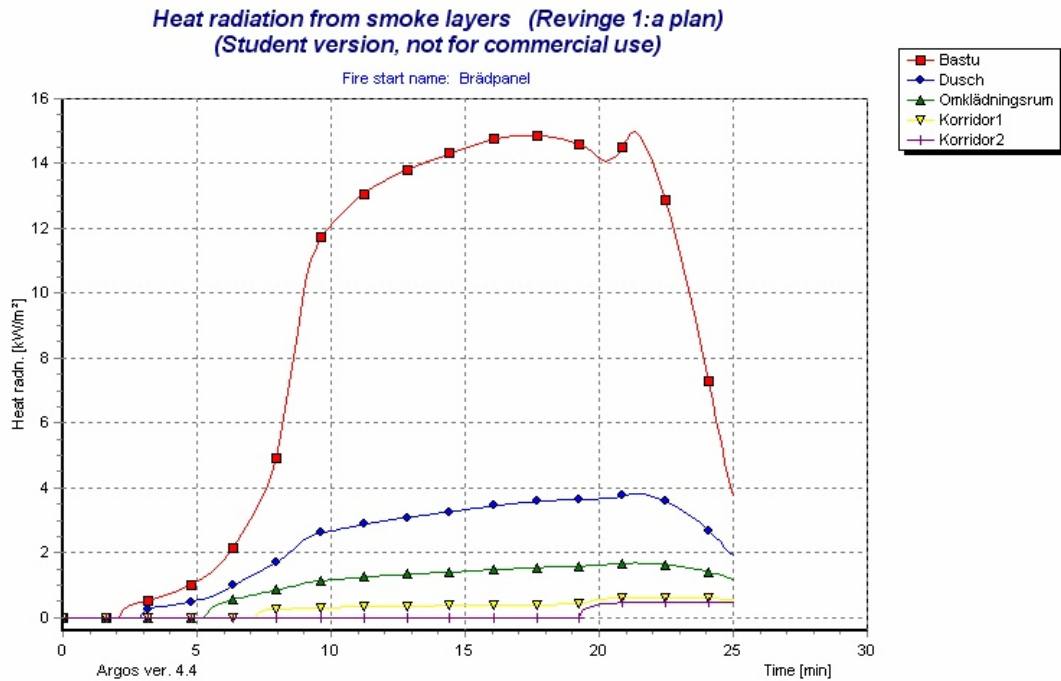


Diagram 11. Värmestrålning från brandgaslagret. Kritiska förhållanden uppstår endast i dusch och bastu.

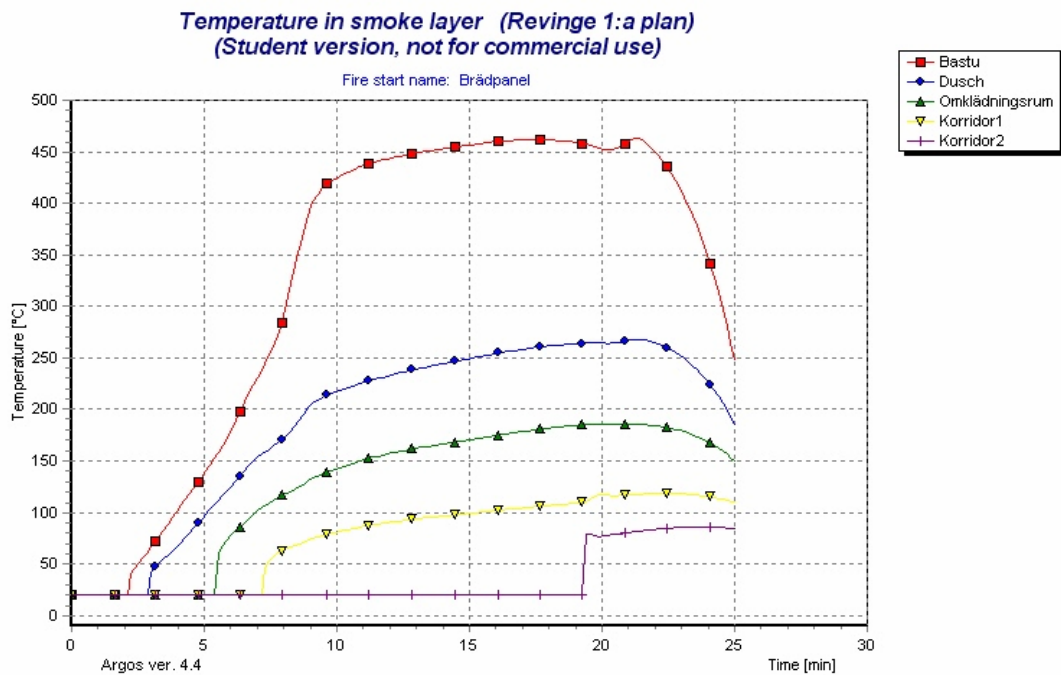


Diagram 12. Temperaturen i brandgaslagret. Kritiska förhållanden nås efter ca 10 minuter i korridorerna.

Bilaga D – Brandgasspridning via ventilationssystemet

Som nämns i rapporten fås ingen brandgasspridning via ventilationen om dörren är öppen till intilliggande rum²¹. För att kunna ge en mer ingående analys av ventilationen antas dock att dörren är stängd. Detta i sin tur ger upphov till en betydligt mindre effektutveckling, på grund av dålig syretillförsel.

Tilluftsflödet till gästmatsalen är enligt ritning 80 l/s. Flödet från huvudledningen är 400 l/s. För att få brandgasspridning ut till huvudledningen måste således kanalbrandflödet överstiga 80 l/s. För ytterligare brandgasspridning ut i systemet krävs 480 l/s.

Rumsvolymen uppgår till ca 30 m³. Den högsta brandeffekten som kan fås i rummet blir med interpolering och antagande en brand av typen fast.

$$P_{\max} = ((30-10)/(100-10))*(1018-219)+219 = 400 \text{ kW}$$

400 kW ger upphov till, enligt tumregel,
 $q_b = 400 \text{ l/s}$

q_b = brandflöde, q_{bi} = kanalbrandflöde, $q_{läcka}$ = läckflöde

$$q_b = q_{bi} + q_{läcka}$$

$$q_{läcka} = 1,6 \text{ l/sm}^2, \text{ inneslutningsarean} = 61 \text{ m}^2$$

$$q_{läcka} = 1,6 * 61 = 98 \text{ l/s}$$

$$q_{bi} = 400-98 \approx 300 \text{ l/s}$$

²¹ Brandgasspridning via ventilationsystem.

Bilaga E – Exempel på utdatafil från Simulex

Number of Floors = 2

Number of Staircases = 5

Number of Exits = 5

Number of Links = 10

Number of People = 403

Källare (DXF file: Matsalskällar...dxf) (Size: 41.270,27.688 metres)

Number of People Initially in This Floor = 52

Link 2 : (12.09,5.58 m), 180.00 degrees, 1.20 m wide, connected to Staircase matsal

Link 4 : (29.93,11.90 m), 88.41 degrees, 1.10 m wide, connected to Staircase kök

Link 5 : (40.50,17.23 m), -90.00 degrees, 1.20 m wide, connected to Staircase konferens

Link 6 : (4.75,17.93 m), 180.00 degrees, 2.30 m wide, connected to Staircase Ingång

Link 8 : (40.50,14.44 m), 88.60 degrees, 1.20 m wide, connected to Staircase konferens

Exit 5 : (40.53,13.53 m), 90.00 degrees, 1.25 m wide

Matsal (DXF file: matsal-simule...dxf) (Size: 43.587,28.614 metres)

Number of People Initially in This Floor = 351

Link 1 : (13.14,6.89 m), 180.00 degrees, 1.10 m wide, connected to Staircase matsal

Link 3 : (33.20,11.80 m), 90.00 degrees, 1.10 m wide, connected to Staircase kök

Link 7 : (26.88,0.58 m), -9.46 degrees, 0.60 m wide, connected to Staircase lastbrygga

Link 9 : (1.24,17.85 m), 0.00 degrees, 2.30 m wide, connected to Staircase Ingång

Link 10 : (27.83,0.40 m), 171.25 degrees, 0.60 m wide, connected to Staircase lastbrygga

Exit 1 : (15.89,27.66 m), -90.00 degrees, 2.10 m wide

Exit 2 : (30.87,27.74 m), -90.00 degrees, 2.10 m wide

Exit 6 : (0.27,17.84 m), 0.00 degrees, 2.30 m wide

Exit 7 : (28.83,0.28 m), 169.38 degrees, 0.60 m wide

Staircase matsal (Size: 1.100,7.500 metres)

Number of People Initially in This Stair = 0

Link 1 : (0.55,7.50 m), 90.00 degrees, 1.10 m wide, connected to Matsal

Link 2 : (0.55,0.00 m), 270.00 degrees, 1.20 m wide, connected to Källare

Exit 5 : (0.30,17.83 m), 0.00 degrees, 2.30 m wide

Staircase kök (Size: 1.000,7.500 metres)

Number of People Initially in This Stair = 0

Link 3 : (0.45,7.50 m), 90.00 degrees, 1.10 m wide, connected to Matsal

Link 4 : (0.52,0.00 m), 270.00 degrees, 1.10 m wide, connected to Källare

Staircase konferens (Size: 1.200,4.000 metres)

Number of People Initially in This Stair = 0

Link 5 : (0.60,4.00 m), 90.00 degrees, 1.20 m wide, connected to Källare

Link 8 : (0.60,0.00 m), 270.00 degrees, 1.20 m wide, connected to Källare

Staircase Ingång (Size: 2.100,3.000 metres)

Number of People Initially in This Stair = 0

Link 6 : (1.05,3.00 m), 90.00 degrees, 2.30 m wide, connected to Källare

Link 9 : (1.08,0.00 m), 270.00 degrees, 2.30 m wide, connected to Matsal

Staircase lastbrygga (Size: 0.600,3.000 metres)

Number of People Initially in This Stair = 0

Link 7 : (0.31,3.00 m), 90.00 degrees, 0.60 m wide, connected to Matsal

Link 10 : (0.31,0.00 m), 270.00 degrees, 0.60 m wide, connected to Matsal

All people reached the exit in 1:32.3.

Bilaga F – Tabeller över persontyper och använda utrymningsvägar i varje enskilt scenario

Gästmysalen

Sommartid

Persontyp	Exit 1	Exit 7	Exit 6	Totalt
Kontorspersonal	1	1		2
Män	45		20	65
Kvinnor	9		3	12
Äldre	7		3	10
				89

Vintertid

Persontyp	Exit 1	Exit 7	Exit 6	Totalt
Kontorspersonal	1	1		2
Män	35		30	65
Kvinnor	4		8	12
Äldre	3		7	10
				89

Ny utgång-Vintertid

Persontyp	Exit 1	Exit 7	Ny Exit	Totalt
Kontorspersonal	1	1		2
Män	35		30	65
Kvinnor	4		8	12
Äldre	3		7	10
				89

Köket

Simulering 1

Samtliga individer utrymmer genom närmaste nödutgång

Persontyp	Entréplanet	Källarplanet	Totalt
Kontorspersonal	5		5
Män	245	10	255
Kvinnor	60	10	70
Äldre	40	3	43
Skolbarn		30	30
			403

Simulering 2

30 % av individerna på entréplanet tar trappan ner till Exit 6. Undervåningen utrymmer likadant som i simulering 1.

Entréplanet

Persontyp	Närmaste exit	Exit 6	Totalt
Kontorspersonal	5		5
Män	171	74	245
Kvinnor	42	18	60
Äldre	28	12	40
			350

Simulering 3

Samma som simulering 2 men istället för att ta trappan ner till Exit 6 finns nu en ny nödutgång ut vid trappan. Källarplanet utrymmer som i simulering 1.

Persontyp	Närmaste exit	Ny nödutgång	Totalt
Kontorspersonal	5		5
Män	171	74	245
Kvinnor	42	18	60
Äldre	28	12	40
			350

Bastun

Simulering 1

30 personer i konferenssalen är definierade som ”skolbarn” och alla i rummet utrymmer genom Exit 5.

Persontyp	Exit 5	Exit 6	Exit 7	Totalt
Kontorspersonal		2	3	5
Män	2	1		3
Kvinnor		2		2
Skolbarn	30			30
				40

Simulering 2

Samma som simulering 1 men 30 st ”skolbarn” är utbytta mot 30 ”män”.

Persontyp	Exit 5	Exit 6	Exit 7	Totalt
Kontorspersonal		2	3	5
Män	32	1		33
Kvinnor		2		2
				40

Simulering 3

Samma som simulering 1 men alla i konferensen utrymmer genom Exit 6.

Persontyp	Exit 5	Exit 6	Exit 7	Totalt
Kontorspersonal		2	3	5
Män		3		3
Kvinnor		2		2
Skolbarn		30		30
				40

Simulering 4

Samma som simulering 2 men samtliga i konferensen utrymmer genom Exit 6.

Persontyp	Exit 5	Exit 6	Exit 7	Totalt
Kontorspersonal		2	3	5
Män		33		33
Kvinnor		2		2
				40

Simulering 5

Samma som simulering 1 men av 30 "skolbarn" i konferensen utrymmer 15 genom Exit 6 och 15 genom Exit 5.

Persontyp	Exit 5	Exit 6	Exit 7	Totalt
Kontorspersonal		2	3	5
Män	2	1		3
Kvinnor		2		2
Skolbarn	15	15		30
				40

Simulering 6

Samma som simulering 5 men "skolbarn" är utbytt mot "män".

Persontyp	Exit 5	Exit 6	Exit 7	Totalt
Kontorspersonal		2	3	5
Män	17	16		33
Kvinnor		2		2
				40

Förflyttningstider

Simulering 1: 58 sekunder

Simulering 2: 70 sekunder

Simulering 3: 85 sekunder

Simulering 4: 70 sekunder

Simulering 5: 70 sekunder

Simulering 6: 70 sekunder

Bilaga G – Handberäkningar för utrymning samt jämförelse mot simuleringar

De handberäkningsuttryck som använts ser ut enligt nedan²².

$$\text{Förflyttningstid} = t_{\text{gång}} + t_{\text{dörr}}$$

där

$$t_{\text{gång}} = L / v$$

$$t_{\text{dörr}} = N / Bf$$

L = avståndet till utgången

v = personens aktuella gånghastighet

N = antalet personer som skall passera genom en dörr

B = dörrens bredd

f = det dimensionerande personflödet genom dörren

$t_{\text{gång}}$ är den längsta tid det tar att gå till utrymningsvägen

$t_{\text{dörr}}$ är den tid det tar att passera ut genom dörren

Handberäkningar för varje enskilt scenario

Gästmatsalen

$$L = 45 \text{ m}$$

$$v = 1 \text{ m/s}$$

$$t_{\text{gång}} = 45 / 1 = 45 \text{ sek}$$

$$N = 45 \text{ st}$$

$$B = 0,9 \text{ m}$$

$$f = 1$$

$$t_{\text{dörr}} = 45 / 0,9 \times 1 = 50 \text{ sek}$$

$$\text{Förflyttningstid} = 45 + 50 = \mathbf{1:35 \text{ min}}$$

Med en ny nödutgång

$$L = 15 \text{ m}$$

$$v = 1 \text{ m/s}$$

$$t_{\text{gång}} = 15 / 1 = 15 \text{ sek}$$

$$N = 45 \text{ st}$$

$$B = 1,2 \text{ m}$$

$$f = 1$$

$$t_{\text{dörr}} = 45 / 1,2 \times 1 = 38 \text{ sek}$$

$$\text{Förflyttningstid} = 15 + 38 = \mathbf{0:53 \text{ min}}$$

²² Brandskyddshandboken.

Köket

$$L = 45 \text{ m}$$

$$v = 1 \text{ m/s}$$

$$t_{\text{gång}} = 45 / 1 = 45 \text{ sek}$$

$$N = 104 \text{ st}$$

$$B = 0,9 \text{ m}$$

$$f = 1$$

$$t_{\text{dörr}} = 104 / 0,9 \times 1 = 116 \text{ sek}$$

$$\text{Förflyttningstid} = 45 + 116 = \mathbf{2:41 \text{ min}}$$

Med en ny nödutgång

$$L = 15 \text{ m}$$

$$v = 1 \text{ m/s}$$

$$t_{\text{gång}} = 15 / 1 = 15 \text{ sek}$$

$$N = 104 \text{ st}$$

$$B = 1,2 \text{ m}$$

$$f = 1$$

$$t_{\text{dörr}} = 104 / 1,2 \times 1 = 87 \text{ sek}$$

$$\text{Förflyttningstid} = 15 + 87 = \mathbf{1:42 \text{ min}}$$

Bastun

$$L = 45 \text{ m}$$

$$v = 1 \text{ m/s}$$

$$t_{\text{gång}} = 45 / 1 = 45 \text{ sek}$$

$$N = 35 \text{ st}$$

$$B = 0,9 \text{ m}$$

$$f = 1$$

$$t_{\text{dörr}} = 35 / 0,9 \times 1 = 39 \text{ sek}$$

$$\text{Förflyttningstid} = 45 + 39 = \mathbf{1:24 \text{ min}}$$

Jämförelse mot simuleringar

Nedan jämförs de totala förflyttningstiderna för simuleringar respektive handberäkningar.

Gästmatsalen

	Simulex (minuter)	Handberäkningar (minuter)
Befintlig byggnad	01:50	01:35
Ny nödutgång	00:26	00:53

Köket

	Simulex (minuter)	Handberäkningar (minuter)
Befintlig byggnad	02:30	02:41
Ny nödutgång	01:45	01:42

Bastun

	Simulex (minuter)	Handberäkningar (minuter)
Befintlig byggnad	01:25	01:24

Generellt kan man se att de tider som framkommit genom handberäkning, väl stämmer överens med simuleringstiderna. De mindre skillnader som finns kan anses försumbara och således kommer de simulerade förflyttningstiderna att användas i vidare resonemang.

Bilaga H – Handberäkningar, kritiska förhållanden

Brandgaslagrets höjd

Beräkningarna är utförda med Yamana-Tanaka²³ modellen, vilket innebär att golvareorna i de påverkade utrymmena har adderats och att eventuella hinder i taket har försummats. I beräkningarna tas ingen hänsyn till brandgasernas transporttider eller värmeförluster till de omslutande ytorna. Den tid det tar för brandgaserna att nå den kritiska höjden beräknas för att undersöka hur lång tid man har på sig för att utrymma lokalerna. För samtliga scenarier har valts en α^2 -brand, köket har ett snabbt brandförlopp, gästmatsalen något långsammare medan bastun har ett långsamt.

Ekvationer

$$\rho_g = \rho_a \cdot \left(1 - \frac{\alpha \cdot t^{(n+1)}}{(n+1) \cdot (H-z) \cdot S \cdot c_p \cdot 353} \right) \quad (\text{ekv.1})$$

$$k = \frac{0.21}{\rho_g} \cdot \left(\frac{\rho_a^2 \cdot g}{c_p \cdot T_a} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (\text{ekv.2})$$

$$z = \left(k \cdot \frac{\alpha^{\frac{1}{3}}}{S} \cdot \frac{2 \cdot t^{\left(1 + \frac{n}{3}\right)}}{n+3} + \frac{1}{\frac{2}{H^3}} \right)^{\frac{-3}{2}} \quad (\text{ekv.3})$$

Gästmatsalen

$$\rho_a = 1,2 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$c_p = 1,0 \text{ kJ/kgK}$$

$$T_a = 293 \text{ K}$$

$$H = 3,0 \text{ m}$$

$$Z = 1,9 \text{ m}$$

$$\alpha = 0,047 \text{ kW/s}^2$$

$$S = 332 \text{ m}^2$$

Beräkningar

Tiden till dess att den kritiska höjden för brandgaslagret nås:

Ansätt $\rho_g = 1,0 \text{ kg/m}^3$, insatt i ekv.2 ger detta $k = 0,076$.

Detta värde sätts sedan in i ekv.3 och ger då $t = 169 \text{ s}$.

Det ger i sin tur $\rho_g = 0,5 \text{ kg/m}^3$ vid insättning i ekv.1.

²³ Enclosure Fire Dynamics

Detta innebär då att iteration är nödvändigt.

Ansätt $\rho_g = 0,8 \text{ kg/m}^3$, detta ger då $k = 0,0899$, $t = 153 \text{ s}$ och $\rho_g = 0,68 \text{ kg/m}^3$

Ansätt $\rho_g = 0,75 \text{ kg/m}^3$, detta ger då $k = 0,0959$, $t = 147 \text{ s}$ och $\rho_g = 0,74 \text{ kg/m}^3$

Det beräknade värdet stämmer nu väl överens med det ansatta värdet. Detta innebär att brandgaslagret kommer att nå en kritisk höjd på 1,9 m inom **147 s**, dvs att man har knappt tre minuter på sig att utrymma hela lokalen.

Köket

$$\rho_a = 1,2 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$c_p = 1,0 \text{ kJ/kgK}$$

$$T_a = 293 \text{ K}$$

$$H = 2,8 \text{ m}$$

$$Z = 1,88 \text{ m}$$

$$\alpha = 0,047 \text{ kW/s}^2$$

$$S = 35 \text{ m}^2$$

Beräkningar

Tiden till dess att den kritiska höjden för brandgaslagret nås:

Ansätt $\rho_g = 1,0 \text{ kg/m}^3$, insatt i ekv.2 ger detta $k = 0,076$.

Detta värde sätts sedan in i ekv.3 och ger då $t = 41 \text{ s}$.

Det ger i sin tur $\rho_g = 1,08 \text{ kg/m}^3$ vid insättning i ekv.1 vilket innebär att iteration ej är nödvändig eftersom det framräknade värdet stämmer överens med det ansatta värdet. Detta innebär att brandgaslagret kommer att nå en kritisk höjd på 1,88 m inom **41 s**, dvs att man har mindre än en minut på sig för att utrymma lokalen.

Bastun

$$\rho_a = 1,2 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$c_p = 1,0 \text{ kJ/kgK}$$

$$T_a = 293 \text{ K}$$

$$H = 2,8 \text{ m}$$

$$Z = 1,88 \text{ m}$$

$$\alpha = 0,003 \text{ kW/s}^2$$

$$S = 86 \text{ m}^2$$

Beräkningar

Tiden till dess att den kritiska höjden för brandgaslagret nås:

Ansätt $\rho_g = 1,0 \text{ kg/m}^3$, insatt i ekv.2 ger detta $k = 0,076$.

Detta värde sätts sedan in i ekv.3 och ger då $t = 122 \text{ s}$.

Det ger i sin tur $\rho_g = 1,12 \text{ kg/m}^3$ vid insättning i ekv.1

Detta innebär då att iteration är nödvändigt.

Ansätt $\rho_g = 1,1 \text{ kg/m}^3$, detta ger då $k = 0,069$, $t = 129 \text{ s}$ och $\rho_g = 1,1 \text{ kg/m}^3$

Det beräknade värdet stämmer nu väl överens med det ansatta värdet.

Detta innebär att brandgaslagret kommer att nå en kritisk höjd på 1,88 m inom **129 s**, dvs att man har lite drygt två minuter på sig för att utrymma lokalen.

Siktförhållanden

Siktförhållanden är väldigt olika från fall till fall. Om det är en tvåzonsskiktning förväntas en relativt bra sikt, men är det istället väl omblandat kan sikten försämrats drastiskt. Därför bör beräkningar utföras för siktförhållandena om det finns risk för väl omblandade förhållanden.

Gästmatsal

Pga att tilluftsventilationen är placerad i taket kan brandgaserna komma att kylas och tryckas ned mot golvet, detta skulle kunna bidra till ett väl omblandat fall.

Ekvationer²⁴

$$D_0 = D_L \cdot \frac{V}{m} \quad (\text{ekv.1})$$

$$t = \frac{m}{\rho_{\text{Trä}} \cdot A_{\text{Brand}} \cdot v_{\text{Avbrinning}}} \quad (\text{ekv.2})$$

$$D_{0,\text{flammande}} = 0,081 \text{ m}^2/\text{g}$$

$$D_L = 1,0 \text{ m}^{-1}$$

$$V = 996 \text{ m}^3$$

$$A_{\text{Brand}} = 6 \text{ m}^2$$

$$\rho_{\text{Trä}}^{25} = 500 \text{ kg/m}^3$$

$$v_{\text{Avbrinning}} = 0,6 \text{ mm/min}$$

Beräkningar

Först beräknas massan som måste förbrännas för att sikten ska bli 10 m i hela lokalen med ekv.1, detta ger att 12,35 kg trä måste förbrännas. Därefter beräknas tiden för förbränning av 12,35 kg enligt ekv.2. Detta ger $t = 412 \text{ s}$. Detta innebär att personerna i lokalen har ca 7 minuter på sig att utrymma innan sikten blir alltför dålig.

Denna tid är dock en aning missvisande. Anledningen till detta är att det inte tas hänsyn till förflyttningstider för brandgaserna i beräkningarna ovan. Det är endast i den stora matsalen som det finns skäl att anta att det blir ett väl omblandat fall, som tidigare nämnt på grund av ventilationen. I serveringen är två-zonsskiktning ett rimligt antagande. Enligt simuleringarna i Argos tar det ca 5 minuter innan brandgaslagret har sjunkit så lågt att det kan tränga in genom öppningen till stora matsalen. Sålunda är det rimligt att anta en slutlig tid till kritiska förhållanden på $7 + 5 = 12 \text{ minuter}$ i det väl omblandade fallet.

²⁴ Kompendium Branddetektion.

²⁵ SFPE-Handboken.

Toxicitet

Gästmatsal

Eftersom matsalen har en stor volym, dras slutsatsen att branden kommer att vara välventilerad och beräkningarna för toxicitet utförs därför enbart för detta fall.

Ekvationer

$$m = \frac{V \cdot C_x}{Y_x \cdot \rho_x} \quad (\text{ekv.1})$$

$$V = 996 \text{ m}^3$$

$$C_{\text{CO}} = 2 \text{ vol}\%$$

$$C_{\text{CO}_2} = 5 \text{ vol}\%$$

$$\rho_{\text{CO}} = 1165 \text{ g/m}^3$$

$$\rho_{\text{CO}_2} = 1830 \text{ g/m}^3$$

$$Y_{\text{CO}}^{26} = 0,002 \text{ g/g}$$

$$Y_{\text{CO}_2} = 1,2 \text{ g/g}$$

Beräkningar

Genom att beräkning av vilken massa som måste förbrännas för att dessa gränsvärden ska nås kan det beräknas om det föreligger någon risk för att toxiska brandgaser ska innebära problem för utrymning av lokalen. Ekv.1 ger att det måste förbrännas nästan tolv ton trä för att nå gränsvärdet för CO, och att det måste förbrännas 76 kg för att nå gränsvärdena för CO₂. Detta innebär att det inte föreligger någon risk för att toxiska brandgaser ska försvåra utrymningen på något sätt.

²⁶ SFPE-Handboken.

