



LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA
Lunds universitet

BRANDTEKNIK

Utvärdering av personsäkerheten vid brand på
Frölunda Kulturhus
Hösten 2003

Rapport nr: 9217

Tobias Ekberg
Tobias Jansson
Tobias Persson
Christoffer Tranström

Avdelningen för brandteknik
Lunds Universitet
Box 118
221 00 Lund

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

Titel:

Utvärdering av personsäkerheten vid brand på Frölunda Kulturhus

Av/By:

Tobias Ekberg
Tobias Jansson
Tobias Persson
Christoffer Tranström

Abstract:

The purpose of this report is to make an evaluation of the fire safety of Frölunda Kulturhus in Gothenberg, Sweden. The report focuses on the safety of people within the building and does not concern protection of property. The evaluation is based on calculations regarding smoke filling, gas temperature, visibility and evacuation time. The engineering tools that have been used are CFAST, FDS 3.1, Simulex and common sense. The safety evaluation results in a number of suggestions of improvement regarding the fire safety.

Keywords:

Fire safety, safety of people, Frölunda Kulturhus, CFAST, smoke filling, visibility, gas temperature, FDS, Simulex, evacuation time, critical conditions.

Följande rapport är framtagen i undervisning. 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.

Sammanfattning

Som en del i kursen Brandteknisk Riskvärdering (BTR, 10p) utförs ett projektarbete som avser att innefatta en värdering av personsäkerheten för ett större objekt där beräkningar, studiebesök samt rapportskrivning ingår. Objektet som har studerats är Frölunda Kulturhus, en av de största offentliga byggnaderna i Göteborgs kommun, beläget i stadsdelen Västra Frölunda. Målet med rapporten är att fastställa om, och i så fall var, brister kan finnas samt ge åtgärdsförslag för att höja personsäkerheten.

Representativa brandscenarier har valts ut för att analyseras genom datorsimuleringar. Brandförloppen har simulerats i datorprogrammen CFAST 3.1.7 (tvåzonsmodell) och FDS 3.1.1 (fältmodell). För utrymningsberäkningar har det datorbaserade simuleringsprogrammet Simulex 1.3 använts. De utrymmen som har valts ut för analys är:

- *Kommunikationsytan.* Detta utrymme valdes främst med tanke på den viktiga funktion som denna yta har för utrymning av stora delar av byggnaden.
- *Omklädningsrummen till sporthallen.* Dessa utrymmen valdes eftersom brandgasspridning här snabbt berör två plan. Vidare har personer som befinner sig här långa utrymningsvägar. Anlagd brand är tänkbart i denna del av byggnaden som saknar kontinuerlig uppsikt. Då omklädningsrummen till sporthallen är av samma karaktär som dem till simhallen anses detta scenario vara representativt även för bränder i *omklädningsrummen till simhallen.*
- *Sporthallen.* Anledningen till detta val är dels det stora antalet personer som kan vistas i lokalen då den används till annan verksamhet än idrott, exempelvis disco och konserter.

Personsäkerheten i Frölunda Kulturhus bedöms, mot bakgrund av dimensionerande brand och utrymningsscenarier, ha allvarliga brister. Resultaten visar på att personer i händelse av brand inom valda delar av byggnaden inte hinner utrymma lokalerna innan kritiska förhållanden uppstår. Resultaten bygger på *värsta troliga* scenarier, vilket innebär att sannolikheten, för att branden utvecklas enligt simulerade förlopp och att personantalet samtidigt överensstämmer med det personantal som antagits i utrymningsanalysen, är låg men inte obefintlig. Vad som bör beaktas är att, trots en låg sannolikhet, visar resultaten på brister avseende personsäkerheten som kan leda till allvarliga konsekvenser med skadade och/eller döda personer. Frölunda Kulturhus är en offentlig inrättning med en mängd olika verksamheter och ett stort antal besökare. Det breda utbudet av verksamheter och lokalernas utformning ställer höga krav på möjligheten till säker utrymning. Krav som i dagsläget inte anses vara uppfyllda.

För att kunna förbättra personsäkerheten ges följande åtgärdsförslag:

- Systematiskt brandskyddsarbete inom organisationen Frölunda kulturhus.
- Inventering avseende befintligt brandskydd (brandcellsgränser, ventilation, reservström m.m.).
- Informativt, förinspelat talat utrymningslarm.
- Installation av automatisk vattensprinkleranläggning i omklädningsutrymmen på plan 1 samt i kommunikationsytan.
- Sektionering av korridor i kommunikationsytan plan 1.
- Ändra utrymningsstrategi i omklädningsbad, simhall samt omklädnings sporthall plan 1 och 2.
- Ytterligare utrymningsväg på golvnivå i sporthallen
- Montera magnetupphängning på dörr till trappa mellan omklädnings plan 1 och 2

- Ordna utrymning direkt ut till sportcafé från simhall
- Minska brandbelastning i kommunikationsytan
- Utforma passager till kommunikationsytan från omklädning plan 1 som slussar.
- Bredda dörr i sportentré

Angiven ordning på åtgärdsförslagen är ett försök till prioritering. Dock bör denna prioritering läsas med försiktighet. Det bör slutligen nämnas att det vid objektsbesöket observerades en tydlig vilja och önskan om att förbättra sig avseende brandskyddet. Därmed kommer säkerligen personsäkerheten på Frölunda Kulturhus att förbättras.

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING	III
INNEHÅLLSFÖRTECKNING	V
1 INLEDNING.....	1
1.1 BAKGRUND	1
1.2 SYFTE OCH MÅL	1
1.3 METOD	1
1.4 FUNKTIONSKRITERIUM.....	1
1.5 AVGRÄNSNINGAR.....	2
2 OBJEKTET	3
2.1 BYGGNADEN OCH VERKSAMHET	3
2.2 PASSIVA SYSTEM.....	5
2.3 AKTIVA SYSTEM.....	6
2.4 UTRYMNINGSVÄGAR.....	6
2.5 TILLBUDSHISTORIK	7
2.6 INVENTERING OCH GROVANALYS	7
2.7 VAL AV ANALYTISK METOD	8
3 BRANDFÖRLOPP.....	9
3.1 SCENARIER SOM UTREDS MED CFAST	9
3.1.1 Scenariobeskrivning för brandförlopp i sporthall.....	9
3.1.2 Simuleringsresultat för brandförlopp i sporthall	12
3.1.3 Känslighetsanalys - brandförlopp i sporthall.....	14
3.2 SCENARIER SOM UTREDS MED FDS	15
3.2.1 Generellt för de två scenarierna	15
3.2.2 Scenariobeskrivning för brand i omklädningsrum till sporthallen.....	16
3.2.3 Scenariobeskrivning för stor brand i kommunikationsytan.....	17
3.2.4 Resultat från simuleringarna i FDS.....	18
4 UTRYMNINGSANALYS.....	21
4.1 UTRYMNINGSSCENARIER.....	21
4.2 RESULTAT UTRYMNINGSANALYS	22
5 BRAND- OCH UTRYMNINGSANALYS	25
5.1 FÖRUTSÄTTNINGAR.....	25
5.2 JÄMFÖRELSE AV RESULTAT OCH UTVÄRDERING AV PERSONSÄKERHETEN	25
5.2.1 Brand och utrymning av sporthall – Disco	25
5.2.2 Brand och utrymning sporthall – Sportevenemang.....	27
5.2.3 Brand och utrymning sporthall – Omklädning.....	27
5.2.4 Brand och utrymningsanalys badanläggning.....	29
5.2.5 Brand och utrymning kommunikationsytan.....	29
5.3 ÅTGÄRDSFÖRSLAG	31
5.3.1 Badanläggning.....	32
5.3.2 Omklädning sporthall plan 1.....	32
5.3.3 Omklädning sporthall plan 2.....	32
5.3.4 Sporthall.....	33
5.3.5 Kommunikationsytor	34
5.3.6 Generella åtgärder.....	34

6	SLUTSATSER.....	37
7	DISKUSSION	39
8	REFERENSLISTA.....	41
	BILAGA A – GROVANALYS AVSEENDE BRAND.....	43
	BILAGA B – MODELLVERIFIERING AV TVÅZONSMODELL - FAST.....	49
	BILAGA C – MODELLVERIFIERING FDS 3.1.....	51
	BILAGA D – MODELLVERIFIERING SIMULEX.....	57
	BILAGA E – RESULTAT FÖR BRANDFÖLOPP I SPORTHALL – CFAST	61
	BILAGA F – RESULTAT FÖR BRANDFÖRLOPP I OMKLÄDNINGSRUM TILL SPORTHALL –FDS 3.1.....	67
	BILAGA G – RESULTAT FÖR BRANDFÖRLOPP I KOMMUNIKATIONSYTAN	71
	BILAGA H – INDATAFILER TILL CFAST	77
	BILAGA I – INDATAFILER TILL FDS 3.1.....	79

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Som en del i kursen Brandteknisk Riskvärdering (BTR, 10p) utförs ett projektarbete som avser att innefatta en värdering av personsäkerheten för ett större objekt. Objektet som har studerats i denna rapport är Frölunda Kulturhus som är en av de största offentliga lokalerna i Göteborgs kommun, beläget i stadsdelen Västa Frölunda.

1.2 Syfte och mål

Syftet med denna rapport är att utvärdera personsäkerheten i samband med brand, genom analys och utredning av möjliga brandscenarier samt utrymningsscenarier. Målet med denna rapport är att fastställa om, och i så fall var, brister kan finnas samt ge åtgärdsförslag för att höja personsäkerheten.

1.3 Metod

Projektet utgår ifrån en metodik som innebär att *värsta troliga* scenarier studeras vid utvärderingen av personsäkerheten i aktuella lokaler. Representativa brandscenarier, vilka tagits fram i kapitel 2, har valts ut för att analyseras genom datorsimulering. Brandförloppen har simulerats i datorprogrammen CFAST 3.1.7 (tvåzonsmodell) och FDS 3.1.1 (fältmodell). Metodernas begränsningar och validitet utreds i bilagor B och C. För utrymningsberäkningar har det datorbaserade simuleringsprogrammet Simulex 1.3 använts och för verifiering har handberäkningar utförts (bilaga D).

Resultaten från simuleringarna har tillsammans med ingenjörsmässiga bedömningar använts för att finna de bristfälliga sektionerna i byggnaden. Utifrån detta beslutsunderlag har åtgärdsförslag tagits fram som *bör* utföras för att höja säkerhetsnivån på objektet till en acceptabel nivå.

1.4 Funktionskriterium

Vid utvärdering av personsäkerheten utgår bedömningarna från ett antal vedertagna kriterier som innebär att personsäkerheten anses vara tillfyllest då utrymmande personer ej utsätts för kritiska förhållanden. Kritiska förhållanden uppstår då något av följande kriterier är uppfyllt (Brandskyddshandboken, 2002):

- utrymmande personer utsätts för temperaturer över 80 grader C (temperatur i undre brandgaslagret).
- utrymmande personer utsätts för strålningsenergi på över 60 kJ/m², utöver en strålning på 1 kW/m².
- brandgaslagrets höjd understiger kritisk höjd, d v s $1.6+0.1 \times h$, där h är rumshöjden.
- halten kolmonoxid (CO) överstiger 2000 ppm.
- halten koldioxid (CO₂) överstiger 5 % vol.
- siktbarheten i utrymningsvägarna understiger 10 m.

För att lokalen skall anses vara säker ur brand- och utrymningssynpunkt skall ett maximalt dimensionerande antal personer, på ett säkert sätt hinna utrymma lokalen innan kritiska förhållanden uppstår.

1.5 Avgränsningar

Aspekter som berörs inom ramarna för denna rapport är huvudsakligen personsäkerhet med avseende på brandrisker. I detta avseende studeras faror som kan generera negativa hälsoeffekter, medan negativa effekter på miljö samt materiella förluster bortses ifrån. Det bör även nämnas att denna rapport inte avser att studera om den lagstiftning som reglerar brandskydd uppfylls eller ej, utan kraftansamlingen ligger på att utvärdera personsäkerheten ur ett funktionsanpassat perspektiv.

Fokus är på de utrymmen i objektet som är tillgängliga för allmänheten. Vissa delar av objektet har endast delar av personalen tillträde till. Med anledning av detta har dessa delar valts bort. Då den totala arean för byggnaden är över 10 000 m², exklusive gymnasiedelen, har projektet även avgränsats till att ta fram och studera de mest kritiska utrymmena med avseende på personsäkerhet. Tid har inte funnits inom ramarna för detta projekt, för att studera hela byggnaden.

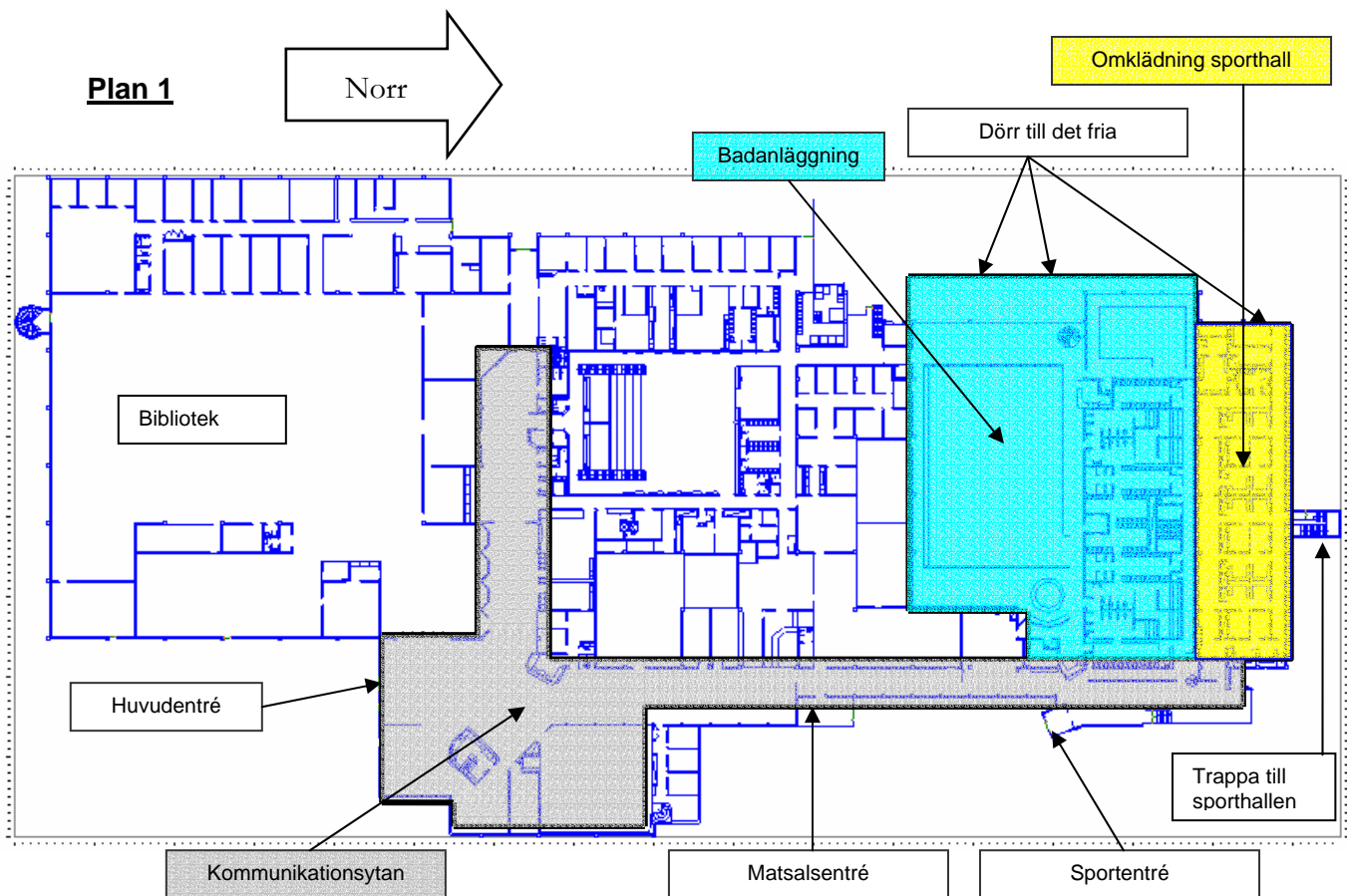
I de beräkningar som har utförts i rapporten ryms en del osäkerheter. Det får inte glömmas att modellerna endast är förenklade beskrivningar av verkligheten. I dagsläget är de dock de bästa instrument som finns på marknaden för att kunna ta fram ett beslutsunderlag för en lämplig nivå på säkerheten för besökarna till detta objekt. I slutet av rapporten diskuteras osäkerheterna och vilka slutsatser som kan dras utifrån resultaten.

2 Objektet

Frölunda Kulturhus är centralt beläget i stadsdelen Frölunda vid Frölunda torg, en mil sydväst om Göteborgs stads centrum. I stadsdelen fanns det år 2002 12 583 invånare (www.goteborg.se, 2003). Byggnaden är i särklass en av de mest besökta i närområdet.

2.1 Byggnaden och verksamhet

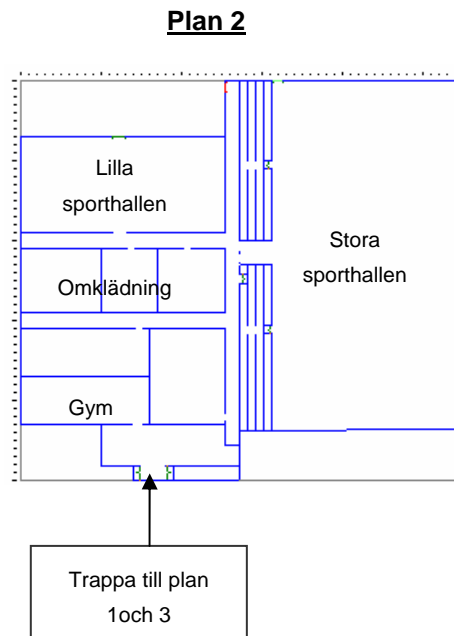
Frölunda Kulturhus byggdes 1980. Under de senare åren har vissa delar av byggnaden renoverats och nya delar etablerats (1999 och 2002). Den senaste ombyggnaden har pågått i knappt ett år och syftet med denna förändring är att byggnaden ska bli mer lättillgänglig för funktionshindrade och äldre. För att underlätta för dessa grupper har byggnaden även utrustats med hiss. Byggnaden har två huvudsakliga entréer; huvudentrén och sportentrén. Fastighetsägare är LFF (Lokalförsörjningsförvaltningen) som förvaltar kommunala fastigheter i Göteborg, framförallt skolor och daghem.



Figur 2.1 Ritning som visar kommunikationsytan, badanläggningen och omlädningsrum till sporthall. (Sporthall och gym finns ej med på denna ritning då dessa ligger på plan 2)

I de utrymmen som är tillgängliga för allmänheten (se figur 2.1 ovan) finns det en cafeteria direkt i anslutning till huvudentrén i söder. Vid huvudentrén finns även ett bibliotek och en reception. I den västra delen av byggnaden finns bland annat en tandklinik, en större och en mindre samlingslokal för filmvisning och andra gruppaktiviteter. Parallellt med korridoren som löper längs byggnadens östra del finns skolmatsal, simhall med tillhörande

omklädningsrum samt omklädningsrum till sporthall, gym och gymnastiksal. I slutet av korridoren är byggnaden, som är byggd i suterräng, öppet förbunden genom en trappa över tre plan. På plan två, se figur 2.2 nedan, återfinns gymmet, sporthallen, gymnastiksalen med tillhörande omklädningsrum. Det tredje planet är den nivå som Frölundagymnasiet ligger på. På detta plan avskiljs kommunikationsytan och skolan brandtekniskt och resterande del av byggnaden som tillhör gymnasieskolan beaktas inte i rapporten bortsett från närvaron av gymnasieelever i de ovan beskrivna delarna av byggnaden.



Figur 2-2: Översikt av plan 2

Frölunda Kulturhus är en så kallad resursnämnduppgift. Detta innebär att ansvaret ligger under stadsdelsnämnden i Frölunda, vilka är de befintliga hyresgästerna. Det är alltså stadsdelsnämnden i Frölunda som bedriver verksamhet i byggnaden. Frölunda Kulturhus besöks av 700 000 – 800 000 personer varje år. För att få en uppfattning om besökarantalet till de olika lokalerna samt av utrymningsvägar hänvisas läsaren till tabell 2.1 nedan.

Del av byggnad /Typ av verksamhet	Antal personer (normalt – max)	Faktiska utrymningsvägar
Badanläggning – Simhall/omklädning	100 – 300 personer (220 skåp)	Direkt ut i det fria Via badkassa Via omklädning
Sporthall	30 – 500 personer varav maximalt 340 personer på läktare	Direkt ut i det fria Via läktare Via spelargång
Gymnastiksal	30 – 50 personer	Direkt ut i det fria Via spelargång
Sporthall – Omklädning plan 1	100 – 200 personer	Direkt ut i det fria Via Kommunikationsytan
Sporthall - Omklädning plan 2	50 – 100 personer	Direkt ut i det fria Via trappa Via storhallen
Sporthall - Styrketräning	30 -50 personer	Via spelargång Via kommunikationsytan
Bibliotek	ca 100 – 400 personer	Direkt ut i det fria Via Kommunikationsytan
Samlingssalar	Stora: 50 – 250 personer Lilla: 50 – 100 personer	Via kommunikationsytan
Matsal	100 -150 personer	Via kommunikationsytan
Gymnasieskola	200 – 300 personer	Direkt ut i det fria Via kommunikationsytan
Kommunikationsytan	100 – 250 personer (inklusive personal)	Direkt ut i det fria

Tabell 2.1. Indata för analys av utrymning.

På dagtid under ordinarie arbetstider består personalen av cirka 40 personer. Öppettider är måndag till fredag 07.00-23.00, samt 08.00-19.00 på helger. De aktiviteter som erbjuds består av bland annat filmvisning, teateruppsättningar, diskotek, idrottsturneringar, simskola, PROMöten, bibliotek, café. Frölunda Kulturhus lockar olika populationsgrupper, vilket medför stor spridning på besökarna med avseende på ålder, fysisk förmåga, lokalkännedom etcetera.

Majoriteten av alla besökare är gymnasieelever som tillhör antingen Frölundagymnasiet, Vingagymnasiet eller Slottsbergsgymnasiet.

2.2 Passiva system

För att få en uppfattning om brandcellsindelning i byggnaden studerades ritningar över byggnaden samt byggnadsdelar i förmodade brandcellsgränser vid besöket. Uppgiften var svårare än förväntat på grund av förändrade förutsättningar i form av ombyggnader och eftersom de senaste reviderade ritningarna inte beskriver brandcellsindelningen. Vid möte med lokal räddningstjänst och företrädare för verksamheten framkom att det inte finns någon klar bild av brandcellsindelningen i byggnaden. Det passiva brandskyddet som vid uppförandet fanns i byggnaden har vid ombyggnationer på en del ställen ”byggt bort” eftersom man inte insett dess funktioner.

Ventilationssystemet har granskats utifrån de ursprungliga ritningarna. Dessa är komplexa och tyvärr inte heltäckande. Dagens ventilationsförhållanden skulle ha behövts inventerats

grundligt på platsen vilket inte var möjligt vid besöket. Bengt Dahlgren AB i Göteborg har dock översiktligt studerat det befintliga brandskyddet i byggnaden. I detta arbete menar man bland annat att sporthallen och intilliggande delar av kommunikationsytan försörjs av samma ventilationssystem. Vid en brand kommer alltså brandgaser att kunna spridas mellan de två brandcellerna vilket är oacceptabelt. Huruvida liknande förhållanden existerar på övriga ställen är oklart, men eftersom risker kring brandspridning i ventilationssystem inte beaktats vid ombyggnation är det troligt.

2.3 Aktiva system

I byggnaden finns ett automatiskt brandlarm som är vidarekopplat till SOS Alarm. Huvudenheten för larmet är belägen i anslutning till den västra entrén vid tandkliniken. Till denna hör även tre underenheter som behörig personal kan nyttja för att återställa ett larm innan räddningstjänsten larmats. Till den automatiska brandlarmsanläggningen är rökdetektorer och värmedetektorer anslutna. Brandlarmet förutsätts vara installerat enligt SBF 110:6 (SBF, 2001). Handbrandsläckare och centrumrullar finns utplacerade i byggnaden för manuell brandsläckning.

På några ställen i byggnaden är dörrar mellan brandceller utrustade med automatiska dörrstängare, vilka är kopplade till detektorer. Denna utrustning är dock inte heltäckande, en del dörrar där det skulle kunna ha varit automatiska dörrstängare är uppställda med kilar, vilket försämrar möjligheterna att förhindra brandspridning avsevärt.

2.4 Utrymningsvägar

Eftersom denna byggnad enligt BBR klassas som en BR 1 byggnad ställs höga krav på gångavstånd i utrymningsväg, skyltning av nödutgångar, brandklassning på byggmaterial med mera. Då det i denna rapport inte avses att studera hur väl byggnaden uppfyller kraven enligt BBR görs ingen djupare utredning av detta, men för att ge läsaren en uppfattning om förhållandena ges en kortfattad beskrivning av utrymningsvägarna. Som exempel kan det sägas att det *verkliga* gångavståndet från det sämsta läget till närmaste nödutgång i omklädningsrummen till både sporthallen och simhallen uppgår till cirka 40 meter. De viktigaste utrymningsväggarna löper genom kommunikationsytan som därmed bör vara en egen brandcell, vilket den inte är på grund av ventilationsförhållanden och uppställda dörrar.

Kommunikationsytan fyller en viktig funktion för förflyttning i byggnaden under normala förhållanden. Detta medför att besökarna även till största del kan förväntas utnyttja denna vid utrymning. Utrymning görs alltså från större delen av lokalerna i byggnaden genom kommunikationsytan. Vid huvudentrén, som nästan alla besökare använder för in- och utpassage, finns en roterdörr uppsatt. Vid brandlarm ska denna dörr ställa sig i ett mittläge så att dörrrens mittparti kan öppnas. Inga tester har dock utförts för att verifiera funktionen.

På ett flertal ställen uppfyllde dörrar i utrymningsvägar ej funktionskraven enligt Boverkets Byggregler (Fallqvist m.fl., 2002), till exempel öppnas vissa dörrar mot utrymningsriktningen och en panikregel på en utrymningsdörr fungerade inte. Utrymningsskyltningen bör även ses över vilket figur 2.2 är ett exempel på.



Figur 2.3 Bild på en något förvirrande nödutrymningsskylt.

2.5 Tillbudshistorik

Studier av tillbudshistoriken för byggnaden (Räddningstjänsten Stor Göteborg, 2003) visar att det inte inträffat några allvarigare bränder i byggnaden. De flesta räddningstjänstinsatser består av utryckningar vid automatlarm, ett par vid aktivering av detektorer vid mindre incidenter i bastu, kök och liknande. Personalens uppfattning är att det största hotet för att behöva utrymma lokalerna är anonyma hot från lokala stökiga element. Vidare menade man att anlagd brand sannolikt är den största källan till brands uppkomst. För att få en uppfattning om trovärdheten i detta påstående kan statistik hämtas från Räddningsverket (Räddningsverket, 2003). Under 2002 larmades räddningstjänsten till 1 712 bränder i *allmän byggnad*. De mest drabbade objekten var precis som tidigare *skolor* och byggnader för *åldrvård* och *handel*. Orsaksbilden i skolor skiljer sig väsentligt från bostadsbränder. Här är den vanligaste brandorsaken *anlagd med uppsåt*, vilket påvisar att anlagd brand är en vanlig källa till brand i den här typen av lokaler.

2.6 Inventering och grovanalys

Inventeringen av brandrisker i Frölunda Kulturhus har gjorts i en mall vars upplägg direkt leder till att en kvalitativ riskbedömning kan göras. Utifrån denna initiala grovanalys (Bilaga A) har vissa delar av byggnaden valts ut för att analyseras mer ingående. Inventeringen har utgått från uppställande av scenarier vilka endast värderats inbördes för att kunna ta fram vilka scenarier som är av högre prioritet än andra. Dessa utvalda scenarier studeras vidare i den fördjupade analys som följer efter detta kapitel.

Mot bakgrund av den begränsade tiden som står till förfogande för projektet har alltså vissa utrymmen valts bort för att rikta uppmärksamheten mot de delar av byggnaden som är av större vikt för att förbättra personsäkerheten på Frölunda Kulturhus.

Det första utrymmet är *kommunikationsytan*, vilken främst valts med tanke på den viktiga funktion som denna yta har för utrymning av stora delar av byggnaden.

Det andra utrymmet är *omklädningsrummen till sporthallen*. Dessa utrymmen är utvalda eftersom brandgasspridning här snabbt berör två plan. Vidare har personer som befinner sig här långa utrymningsvägar. Anlagd brand är tänkbart i denna del av byggnaden som saknar kontinuerlig uppsikt. Då omklädningsrummen till sporthallen är av samma karaktär som dem till simhallen anses detta scenario vara representativt även för en brand i omklädningsrummen till simhallen.

Ett tredje och sista utrymme som analyseras djupare är *sporthallen* med läktare. Anledningen till detta val är dels det stora antalet personer som kan vistas i lokalen då den används till annan verksamhet än idrott, exempelvis disco och konserter. En annan anledning är att maximalt personantal för lokalen idag bygger på schablonmetoder, vilket gör att verksamhetsutövarna är intresserade av att undersöka lämpligt personantal utifrån funktionsbaserade kriterier.

2.7 Val av analytisk metod

I de tre utrymmen som valts ut för fördjupade analyser används olika datorbaserade verktyg för att få en nyanserad bild av händelseförloppet vid en brand. Generellt för alla utrymmen är att Simulex 1.3 (Thompson, 1985) kommer att användas för att studera utrymning. För kommunikationsytan och omklädningsrum till sporthall simuleras brandförloppet med *Fire Dynamics Simulator – FDS* (McGatta m.fl., 2003). För brandsimuleringen i sporthallen används CFAST (Peacock, 2000). Val av datorprogram för brandsimulering är till stor del gjort utifrån geometrin på utrymmena samt begränsningar i datorprogrammen. Även tillgång till tid och datorkapacitet, då vissa simuleringar kan ta flera dagar med dagens datorer, har påverkat valet av verktyg. Se bilagor för verifiering av respektive simuleringsprogram och för utförligare beskrivning av begränsningar i datorprogrammen.

3 Brandförlopp

Nedan beskrivs scenarierna och motsvarande resultat för de utvalda brandförloppen. Det generella antagande som gjorts är att effektutvecklingen för samtliga brandförlopp följer sambandet αt^2 . Detta innebär att branden börjar tillväxa redan vid tidpunkten 0. I övrigt har geometriska förenklingar gjorts för att möjliggöra simulering. Strategin som används vid val och simulering av brandförlopp är att utgå från principen ”värsta troliga scenario”.

3.1 Scenarier som utreds med CFAST

Dimensionerande scenario som används vid utvärdering av personsäkerheten blir ett tillfälle då verksamhet av typen disco eller rockkonsert bedrivs i lokalen. Denna typ av verksamhet anses av uppdragsgivaren som viktigt att utvärdera eftersom evenemang av detta slag anordnas relativt ofta. I dagsläget är det oklart vilket personantal som är tillåtet vid sådan verksamhet. Brandbelastningen i sporthallen är enligt dimensionerande verksamhet varierande och kan bestå av trä, tyg, syntetmaterial, plaster etcetera. Verkliga scenarier och brandbelastning som används för val av dimensionerande bränder kan relateras dels till någon form av scen uppbyggd av trämaterial och dels till ett klädställ med jackor eller liknande.

Enligt (Ondrus, 1990) avger staplade träpallar till ca 0.5 meters höjd en effektutveckling motsvarande 1.42 MW/m². En brand enligt denna typ har en medium ($\alpha = 0.012$) eller snabb ($\alpha = 0.047$) tillväxthastighet. På grund av en relativt snabb avbrinring antas maximal brandeffekt vid en brand av denna typ uppnå 5 MW. Brandens förlopp antas följa en s k αt^2 -kurva (Karlsson m.fl., 2000) och då vald maximal effekt uppnås antas brandens effekt förbli konstant resterande tid av brandförloppet. En känslighetsanalys med en maximal effekt på 10 MW har också utförts för att kontrollera hur detta påverkar personsäkerheten.

Enligt Andersson m. fl. (1994) avger 100 jackor en effektutveckling motsvarande 3 MW. Tillväxthastigheten för en brand av denna typ kan vara medium eller snabb. Med tanke på en snabb avbrinring antas den maximala effekten vid en brand i ett klädställ uppgå till 2 MW. Brandens förlopp antas följa en s k αt^2 -kurva (Karlsson m.fl., 2000) och då vald maximal effekt uppnås antas brandens effekt förbli konstant resterande tid av brandförloppet. Eventuellt större maximala effekter anses bli behandlad genom tidigare scenarier baserade på brand i scen. Sammanfattningsvis leder detta till att undersökta scenarier i sporthallen blir:

5 MW – fastbrand	(brandscenario 1)
5 MW – mediumbrand	(brandscenario 2)
2 MW – fastbrand	(brandscenario 3)
2 MW – mediumbrand	(brandscenario 4)

3.1.1 Scenariobeskrivning för brandförlopp i sporthall

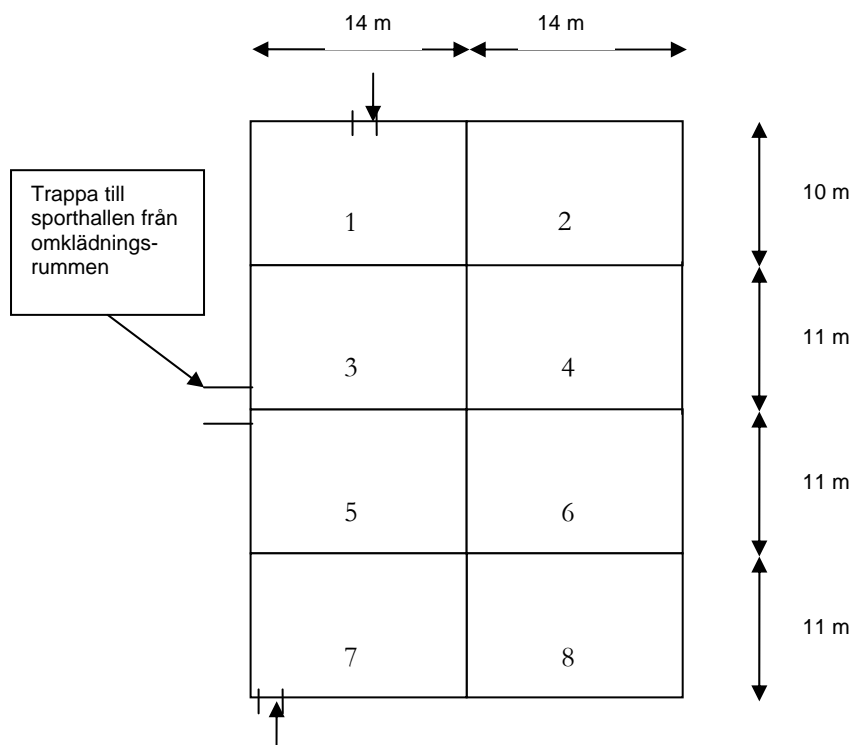
Sporthallen är en egen brandcell med avskiljande konstruktion som bedöms motsvara minst EI 30. Lokalens yta är ca 1200 m². Utrymmen avskilda från sporthallen med täta väggar (omklädningsrum etc.) inkluderas inte i denna yta. Takhöjden är cirka 8-9 meter. Det finns ingen brandgasventilation i sporthallen. I dagsläget finns öppningar från sporthallen till det fria samt mellan sporthallen och kommunikationsytan enligt figur 3.1.

Det förutsätts att två dörrar till lokalen är öppna under alla brandförlopp. Dessa dörrar är markerade i figur 3.1. Den simulerade tiden som används vid simulering är i detta fall satt till 30 minuter (1800 s). Vid simulering har lokalen delats in i ett antal fiktiva rum för att

möjliggöra simulering, se figur 3.1. Brandens placering har vid varje scenario valts med avsikten att skapa ogynnsamma förhållanden. Placeringens påverkan på resultatet diskuteras utförligare i avsnitt 3.1.3. Här har två simuleringar utförts för varje scenario med en brand i fiktivt rum 4 respektive en brand i fiktivt rum 5. I lokalen finns balkar i tak som medför en viss sektionering av takytan. Då tvåzonsmodellen sprider brandgaserna momentant har en sektionering med 0.5 meters djup mellan de fiktiva rummen använts vid simuleringarna. Detta dels för att verkligheten är sådan och dels för att införa en viss tröghet av brandgasspridningen i CFAST. Indata och scenariobeskrivningar redovisas övergripande i tabell 3.1 nedan. Indatafiler till CFAST redovisas i bilaga H.

Golvmaterial	Betong + trägolv
Väggmaterial	Betong + träpanel
Takmaterial	Betong
Lokalens totala mått	$l \times b = 43\text{m} \times 28\text{m}$
Rumshöjd	Simulerad takhöjd = 8.5 m Verklig takhöjd = 8-9 m
Rumsmått (fiktiva rum)	För fiktiva rum 1 och 2 gäller: $l \times b = 14\text{m} \times 10\text{m}$ För fiktiva rum 3, 4, 5, 6, 7 och 8 gäller: $l \times b = 14\text{m} \times 11\text{m}$
Öppningar mellan fiktiva rum	Mellan fiktiva rum 1-2 gäller: $b \times h = 10 \times 8 \text{ m}^2$ Mellan fiktiva rum 3-4, 5-6 och 7-8 gäller: $b \times h = 11 \times 8 \text{ m}^2$ Mellan fiktiva rum 1-3, 2-4, 3-5, 4-6, 5-7 och 6-8 gäller: $b \times h = 14 \times 8 \text{ m}^2$
Läckageöppning mot det fria [m]	Varje fiktivt rum 1 st $a' \times b \times h = 0.02 \times 8.0 \text{ m}^2$ (antagande)
Flödeskoefficient	$C_v = 0.7$
Dimensionerade brandbelastning	Varierande (trä, tyg, syntetmaterial, plaster), vid dimensionerande scenarier antas antingen en scen av trä eller ett klädesställ utgöra brandscenarier. Vid normal verksamhet bedöms brandbelastningen i lokalen klart understiga 400 MJ/m^2 .
Maximal effekt	5 MW konstant efter 326s – $\alpha = 0.047$ 5 MW konstant efter 645s – $\alpha = 0.012$ 2 MW konstant efter 206s – $\alpha = 0.047$ 2 MW konstant efter 408s – $\alpha = 0.012$
Brandens placering	Fiktivt rum 4 och fiktivt rum 5
Effektutveckling (Q')	$Q' = \alpha \times t^2$
Simulerad tid	1800s
Tillufts-öppningar i form av portar och dörrar	Fiktivt rum 1 $b \times h = 1.2\text{m} \times 2.1\text{m}$ Fiktivt rum 7 $b \times h = 0.9\text{m} \times 2.1\text{m}$ (börjar 3m över golvplanet)

Tabell 3.1 Generella indata för samtliga dimensionerande brandsimuleringar i CFAST 3.1.7.



Figur 3.1 En översikt av lokalen där tilluftsöppningar som används i beräkningarna är markerade med pilar. Observera att öppningen i fiktivt rum 7 är placerad på 3-5.1 meters höjd över golv eftersom den är placerad högst upp på sporthallens läktare. Figuren visar även indelningen av lokalen i fiktiva rum (1-8).

Med befintlig utformning på brandlarm, vilket antas följa SBF:s rekommendationer om 100 m² per detektor (rökdetektor), har detektionstiden beräknats med datorprogrammet DETACT-T2 (Stroup 1985). Då DETACT-T2 utgår ifrån att detektorerna som används är av slaget värmedetektorer måste en approximering göras för att tiden till detektion ska kunna beräknas. Litteratur beskriver försök som visar att en rökdetektor kan approximeras som en värmedetektor som har en aktiveringstemperatur mellan 4-13 grader C över rumstemperatur (Bukowski m.fl. 1998). Enligt Brandskyddshandboken (2002) rekommenderas temperaturen 13 grader C över rumstemperatur som en bra approximation varför detta värde används här. Vid den här typen av beräkningar ska också ett RTI-värde för detektorn anges, dvs en tröghet. För värmedetektorer är detta värde normalt mellan 50 och 200 (ms)^{0.5}. I det här fallet då det är en rökdetektor som används finns därmed ingen tröghet varför RTI-värdet sätts till 1 (ms)^{0.5}. Resultatet från beräkningarna redovisas i tabell 3.2.

Scenario	1 (5MW fast)	2 (5MW medium)	3 (2MW fast)	4 (2MW medium)
Detektionstid (ca)	170s	290s	170s	290

Tabell 3.2 Detektionstider för samtliga brandscenarier i sporthallen.

Resultaten från beräkningarna av tid till detektion visar att det handlar om mycket långa tider vilket kan ifrågasättas. Exempelvis minskar tiden till detektion för en brand med snabb brandtillväxt med ca 50 sekunder om aktiveringstemperaturen sänks till 5 grader C över rumstemperatur. Samtidigt är det viktigt att komma ihåg att personerna som befinner sig i lokalen kan få information om en brand visuellt, dvs de upptäcker branden innan brandlarmet detekterar branden. Det anses därför vara sannolikt att en eventuell brand upptäcks visuellt åtminstone inom 60 sekunder efter brandens uppkomst i en lokal av den här typen, som är överblickbar.

3.1.2 Simuleringsresultat för brandförlopp i sporthall

Fokus ligger på tid till kritiska förhållanden i fiktiva rum 1, 3, 5 och 7 då utgångarna från lokalen finns i dessa delar av lokalen. För att kunna konstatera tid till kritiska förhållanden studeras brandgaslagrets höjd och temperatur dels med avseende på golvnivå och dels med avseende på läktarens övre del. Kritiska förhållanden uppstår då brandgaslagrets höjd understiger kritisk höjd, d v s $1.6+0.1 \times h$, eller då temperaturen överstiger 80 grader C på kritisk höjd. Detta motsvarar en höjd av 2.4 m över golvnivå samt 2.2 m över läktarens övre del vilken är belägen 3 meter över golvnivå. Sammanfattningsvis är höjderna 2.4 meter över golvnivå och 5.2 meter över golvnivå (läktaren) av intresse. I tabell 3.3 nedan redovisas resultatet för samtliga scenarier.

Fiktivt rum:		1		3		5		7	
Brand i fiktivt rum:		4	5	4	5	4	5	4	5
Scenario 1 5 MW (fast)	Tid till kritisk höjd (golvnivå = 2.4m)	350s	300	360s	320	330s	350	300s	330
	Tid till kritisk höjd (läktare = 5.2m)	140s	210	230s	230	230s	240	210s	200
	Tid till kritisk temperatur (80°C)	520s	-	500	660	-	330	-	500
Scenario 2 5 MW (medium)	Tid till kritisk höjd (golvnivå = 2.4m)	450	380	460	410	410	470	380	430
	Tid till kritisk höjd (läktare = 5.2m)	170	270	290	290	290	310	270	250
	Tid till kritisk temperatur (80°C)	740	-	720	920	-	620	-	740
Scenario 3 2 MW (fast)	Tid till kritisk höjd (golvnivå = 2.4m)	420	320	430	370	360	470	320	400
	Tid till kritisk höjd (läktare = 5.2m)	140	210	240	230	230	250	210	200
	Tid till kritisk temperatur (80°C)	-	-	-	-	-	-	-	-
Scenario 4 2 MW (medium)	Tid till kritisk höjd (golvnivå = 2.4m)	460	380	470	420	420	490	380	430
	Tid till kritisk höjd (läktare = 5.2m)	180	270	300	300	300	320	280	250
	Tid till kritisk temperatur (80°C)	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabell 3.3 Tid till kritiska förhållanden, beräknat med CFAST 3.1.7, för samtliga scenarier.

Brandgaslagrets höjd över golv når kritiska förhållanden i samtliga fall innan kritisk temperatur i brandgaserna uppnås. Detta innebär att om brandgaslagret ska generera kritiska förhållanden måste det medföra försämrade siktförhållande, dvs att sikten understiger 10 meter, eller att halten av CO/CO₂ överstiger kritiska nivåer. Att beräkna toxiciteten bedöms ej kunna göras med tillräcklig noggrannhet för att resultaten ska kunna anses relevanta. Däremot kan en enklare analys av siktförhållandena i lokalen utföras enligt (SFPE, 2002):

$$S = \frac{3}{K}$$

$$K = D \times 2.3$$

$$D = \frac{D_m \times \Delta M}{V_c}$$

$$V_c = b \times l \times (h - H)$$

$$\Delta M = \frac{Q}{\Delta H_c}$$

$$Q = \int_0^{t_{\max}} \alpha t^2 + \int_{t_{\max}}^{t_{\text{kritisk}}} \dot{Q}_{\max} dt, \text{ d\aa } t_{\text{kritisk}} > t_{\max}, \text{ alternativt}$$

$$Q = \int_0^{t_{\text{kritisk}}} \alpha t^2 dt, \text{ d\aa } t_{\text{kritisk}} < t_{\max}$$

Förklaringar till de ingående variablerna i ekvationerna ovan finns i tabell 3.4 nedan. En enklare analys genomförs för bomull, dvs ett brinnande klädställ (bomullsjackor) eller liknande. Indata till en sådan analys finns även tabell 3.4. Beräkningar görs för varje scenario och för respektive kritisk höjd (2.4m samt 5.2m). För respektive scenario utgås ifrån den kortaste tiden till kritisk höjd på brandgaslagret. Tiden till kritisk höjd gäller egentligen endast för det fiktiva rum som den kritiska tiden erhållits för. Dock görs här en förenkling som innebär att brandgaslagret vid denna tid antas vara jämnt fördelat över hela lokalen, dvs upptar volymen V_c .

S=	sikt (m)	Q=	utvecklad energi (MJ)
K=	Fördunklingskoefficient (m^{-1})	Q'_{\max} =	max effektutveckling (MW)
D=	optisk densitet (m^{-1})	b=	Bredd på lokalen (m) = 28
D_m =	massans optiska densitet (m^2/g) = 0.17	l=	Längd på lokalen (m) = 43
ΔM =	massan som avbrunnit (g)	h=	Lokalens höjd (m) = 8,5
ΔH_c =	förbränningsvärme (MJ/kg) = 20	H=	Brandgaslagrets höjd över golv (m)
t_{\max} =	tid till maximal effektutveckling (s)	V_c =	Brandgaslagrets volym (m^3)
t_{kritisk} =	Tid till kritisk förhållande	α =	tillväxthastighet = 0.047/0.012

Tabell 3.4 Indata till analys av siktförhållanden (SFPE 2002).

Om den kortaste tiden till kritisk höjd på brandgaslagret ej medför kritiska förhållanden (sikten ej understiger 10 meter) görs beräkningar för den näst kortaste tiden till kritisk höjd osv enligt tabell 3.5. Brand i trä innebär liknande data för en siktberäkning, exempelvis är $\Delta H_c = 17$ MJ/kg för trä. Pyrande trä har ett $D_m \approx 0.28$ m^2/g (Douglas fir eller plywood) vilket innebär att ett betydligt lägre värde erhålls vid en fullt utvecklad brand med flammor. Därmed antas fallet med bomullsbrand ($D_m \approx 0.17$ m^2/g) vara representativt för samtliga brandscenarier i sporthallen.

Scenario	kortast $t_{kritisk}$		näst kortaste $t_{kritisk}$		tredje kortaste $t_{kritisk}$	
	$t_{kritisk}$ (s)	sikt (m)	$t_{kritisk}$ (s)	sikt (m)	$t_{kritisk}$ (s)	sikt (m)
1 (2.4m)	300	2.7	-	-	-	-
1 (5.2m)	140	14.2	200	4.9	-	-
2 (2.4m)	380	5.1	-	-	-	-
2 (5.2m)	170	31.0	250	9.8	-	-
3 (2.4m)	320	3.1	-	-	-	-
3 (5.2m)	140	14.2	200	4.9	-	-
4 (2.4m)	380	5.1	-	-	-	-
4 (5.2m)	180	26.1	250	9.8	-	-

Tabell 3.5. Resultatet från siktberäkningar då brandgaslagrets nått kritiska höjd. Fetmarkerade $t_{kritisk}$ innebär att kritiska förhållanden uppstår vid motsvarande kritiska höjd (2.4 m eller 5.2 m) för respektive scenario vid denna tidpunkt.

Tabell 3.5 ovan visar de ”värsta troliga” tiderna till kritiska förhållanden för de utvalda och studerade scenarierna. Som resultaten visar är skillnaden mellan tid till kritiska förhållanden för 2 MW respektive 5 MW liten. Därför görs här en generalisering som innebär att endast tid till kritiska förhållanden för 5 MW-branden används vidare i rapporten, dvs tiderna för brandscenarier 1 och 2. Dessa tider blir dimensionerande då de är de ”värsta troliga” och används därför senare i rapporten vid jämförelse med tid för utrymning för utvärdering av personsäkerheten.

3.1.3 Känslighetsanalys - brandförlopp i sporthall

Snabbare brandtillväxt

En snabbare brandtillväxt (ultrafast istället för medium eller fast) medför att den maximala effekten 5 eller 2 MW uppnås snabbare. Detta medför naturligtvis att tid till kritiska förhållanden blir kortare varför detta skulle medföra större konsekvenser med avseende på personsäkerheten. Dock bedöms det som mindre sannolikt att en brand i denna lokal med verksamhet enligt scenariobeskrivningen skulle få ett ultrafast brandförlopp. Visserligen är anlagd brand den vanligaste orsaken till brand i denna typ av lokaler vilket skulle kunna innebära att en vätska (bensin eller liknande) skulle kunna antändas. Detta skulle innebära ett mycket snabbt brandförlopp. Dock är det inte troligt att sådana kvantiteter skulle kunna föras in i lokalen att hela brandförloppet skulle bestå av vätskebrand. Ett sådant scenario anses ej vara representativt vid en utvärdering av personsäkerheten i sporthallen. Snarare skulle en mindre mängd vätska kunna användas för att ge branden ”fäste” i ett annat material omgäende, vilket de valda scenarierna bedöms innefatta.

Större maximal brandeffekt

Simulering med maximal brandeffekt av 10 MW har gjorts då det ej är osannolikt att en sådan brandeffekt skulle kunna uppnås. Dock bedöms en sådan hög effektutveckling mindre sannolik än 5 MW-branden och 2 MW-branden. Resultaten från simulering med 10 MW-brand visar ej på att kortare tider till kritiska förhållanden uppkommer. Orsaken till detta är att tiden till kritiska förhållanden uppkommer innan maximal effekt uppnås. Till exempel är tiden till en maximal effekt på 5 MW, enligt en fast-brand, 326 sekunder. Motsvarande tid till kritiska förhållanden är som mest 300 sekunder (2.4 meter över golvnivå), varför maximal effektutveckling ej har betydelse med avseende på tid till kritiska förhållanden. Det bör dock observeras att en högre maximal effekt naturligtvis har inverkan på personsäkerheten efter att kritiska förhållanden har uppstått. Exempelvis kan en högre effekt försvåra en räddningsinsats vilken skulle kunna rädda liv. Den maximala effekten är därmed ej oviktigt men kan bortses ifrån här då tiden till kritiska förhållanden är dimensionerande och inget

försök till utvärdering av personsäkerheten efter denna tid görs. Kontentan blir att om människor finns kvar i lokalen efter att kritiska förhållande uppstår görs här en förenkling som innebär att dessa personer blir kvar i lokalen.

Mindre maximal brandeffekt

Sannolikt kan en brand komma att begränsas till att utveckla mindre effekt än 2 MW. En lägre brandeffekt än 2 MW bedöms inte försämra personsäkerheten i dessa lokaler. Visserligen kan en lägre brandeffekt medföra lägre temperaturer varför brandgaserna förlorar en del av sin termiska stigningskraft och på så sätt försvårar en utrymning eftersom en tvåzonsskiktning ej uppkommer. Detta bedöms dock ej innebära så svåra förhållande att scenariot skulle vara dimensionerande. 2 respektive 5 MW anses därför på ett fullgott sätt kunna användas för att utvärdera personsäkerheten.

Brandens placering

Brandens placering har i de utförda simuleringarna skiftat mellan fiktivt rum 4 och fiktivt rum 5. Skillnaden i tid till kritisk höjd för brandgaslagret är marginell. Det som i stora drag skiljer är istället i vilket fiktivt rum kritisk höjd uppstår först. Exempelvis är för scenario 1 (5 MW- fast) 300 sekunder kortaste tiden till kritisk höjd vid brand i fiktivt rum 4. Denna tid gäller för tid till kritisk höjd i fiktivt rum 7. Motsvarande tid vid brand i fiktivt rum 5 är också 300 sekunder men avser istället kritisk höjd i fiktivt rum 1. Resonemanget visar att brandens placering har försumbar betydelse vid användning av ”värsta troliga scenarier”.

3.2 Scenarier som utreds med FDS

Två brandscenarier utreds med Fire Dynamic Simulator 3.1 (FDS 3.1). Dessa är *stor brand i kommunikationsytan* och *brand i omklädningsrummen till sporthallen*. Då en brand i omklädningsrummen till simhallen bedöms innebära liknande problematik som vid en *brand i omklädningsrummen till sporthallen* görs endast simuleringar för brand i omklädningsrummen till sporthallen. Utifrån det förs, i senare delar av rapporten, ett kvalitativt resonemang om personsäkerheten i dessa lokaler.

Detta kapitel behandlar scenariobeskrivningar, indata till FDS samt resultaten från simuleringarna. Först beskrivs det som ur modelleringssynvinkel är gemensamt för de två olika scenarierna och därefter beskrivs de två scenarierna mer specifikt. I kapitlets avslutande del redovisas resultaten från simuleringarna i form av tid tills kritiska förhållanden uppstår.

3.2.1 Generellt för de två scenarierna

Vid modelleringen i FDS 3.1 måste förenklingar av geometrierna göras. Till att börja med har takhöjden i byggnaden antagits till 2.4 meter. Egentligen motsvarar detta höjden från golv till undertak. Undertaken har dock uppfattats som relativt täta och det är osäkert hur mycket brandgaser som kommer att läcka till utrymmet mellan undertak och bjälklag, således valdes det konservativa värdet på 2.4 meter som takhöjd.

Utrymningsdörrar till det fria antas vara öppna under brandförloppet på g a utrymmande människors passage. Vidare antas alla dörrar i omklädningsrummen vara öppna och har givits en öppningsbredd på 0.8 meter och en höjd av 2.0 meter. Byggnadsdelar antar alltid minst en tjocklek av den storlek som beräkningscellerna har. Mindre utrymme av typen garderober, städförråd och toaletter är ”inbyggda”, vilket innebär att brandgaser inte kan spridas hit.

Simuleringar gjordes i alla scenarier med en storlek på gridnätet som innebar kubiska celler med 20 centimeters sida. Dessutom har en känslighetsanalys av cellstorlekens betydelse för resultatet utförts där en simulering med celler om 40 centimeters sida genomförts för att

verifiera att simuleringarna är gridnätsoberoende. Denna simulering är gjord för scenariot *brand i kommunikationsytan* och slutsatserna generaliseras till övriga scenarier.

Då FDS har svårt att hantera underventilerade bränder (McGatta m.fl., 2003b) gjordes 0.2 meter höga läckageöppningar längs golvet ut mot det fria för att säkerställa syretillförsel till branden.

Simuleringstiden är för båda scenarierna 900 sekunder (15 minuter). Längre tid än så anses ej vara intressant att studera ur personsäkerhetssynpunkt

3.2.2 Scenariobeskrivning för brand i omklädningsrum till sporthallen

Vid behov av utrymning från sporthallen kommer antagligen många människor söka sig till omklädningsrummen för att hämta sina tillhörigheter och eventuellt ta på sig mer kläder för att kunna gå utomhus. Scenariot som används för att beskriva *brand i omklädningsrummen till sporthallen* (brandscenario 5) utgörs av brand i ett omklädningsrum.

Utrymningsituationen för omklädningsrummen till sporthallen och för dem till simhallen är snarlik. Statistik från SRV visar (se kapitel 2.5) att en stor andel av alla bränder i publika byggnader har varit anlagda och därför väljs en anlagd brand för scenariot *brand i omklädningsrummen till sporthallen*. Liknande resonemang kan föras utifrån ett brandscenario i omklädningsrummen till simhallen.

Brandbelastningen i omklädningsrummet utgörs av träbänkar, kläder, väskor, skor med mera. Brandens förlopp kan antas följa en $s k \alpha t^2$ -kurva (Karlsson m.fl., 2000). Tillväxthastighet väljs för kläder som i (Abrahamsson, 1998) anges som snabb ($\alpha = 0.047$).

För att undvika att brandens maximala effekt innebär ventilationskontrollerade förhållanden beräknades den maximala effekt som teoretiskt är möjlig i utrymmet (vid fri tillgång till syre). Eftersom de två dörrarna till omklädningsrummet som branden startar i inte vetter direkt till det fria motsvarar inte syretillförseln vid brand den teoretiskt maximala. Detta eftersom brandgaser (med lägre koncentration syre än i normalfallet med 21 % syre) successivt kommer att fylla intilliggande korridorer och utgöra brandens "tilluft". Ett antagande som innebär att endast halva öppningsytan används för syretillförsel görs för att motsvara de förhållanden som råder vid brand. Alltså beräknas den maximala teoretiska effektutvecklingen med en dörr öppen (till det fria). Beräkning gjordes enligt formeln (Karlsson m.fl., 2000):

$$\dot{Q} = 1.518 A_0 \sqrt{H_0},$$

där

\dot{Q} = maximal effektutveckling i utrymmet

A_0 = total öppningsarea 1.6 m², (0.8 x 2.0), endast en öppning

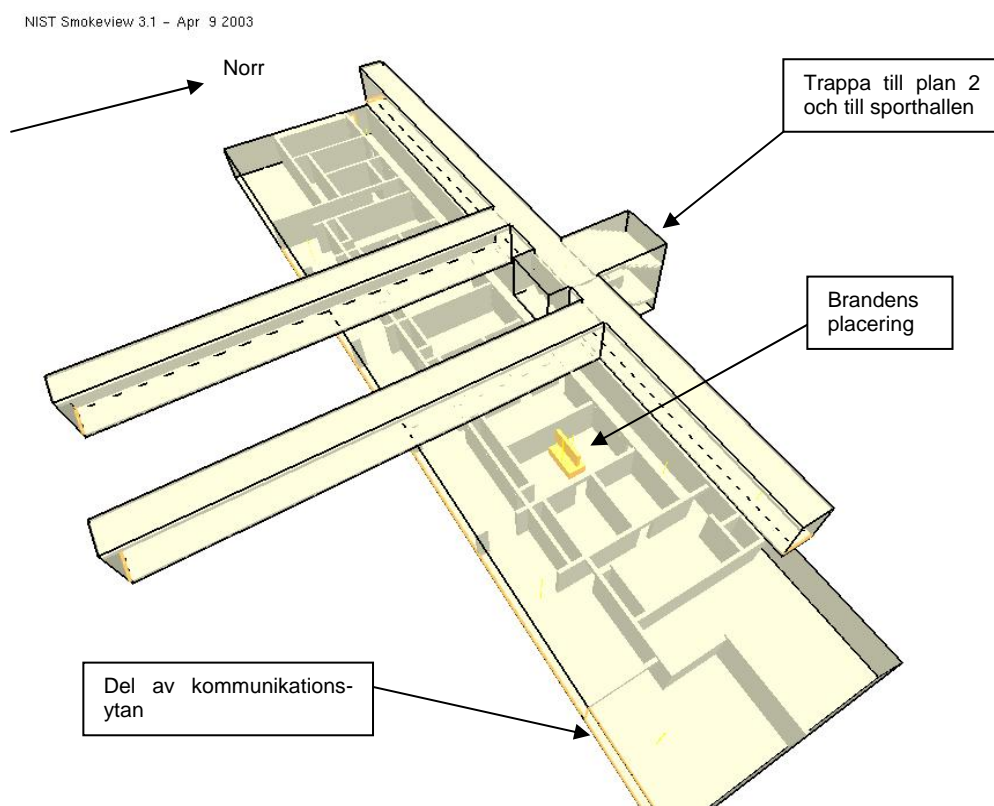
$$\dot{Q} = 1.518 \cdot 1.6 \cdot \sqrt{2} = 3.46 \text{ MW}$$

H_0 = "vägd" öppningshöjd 2 meter

Alltså kan en brand i detta utrymme maximalt utveckla 3.46 MW, vilket medför att maximal effektutveckling är satt till 3,4 MW i scenariot.

Modellering av brand i omklädningsrummen till sporthallen i FDS

De utrymmen som inkluderas i simuleringen av en brand i omklädningsrummen till sporthallen är omklädningsrummen, trappan till andra våningen, korridorerna på våning två samt en liten del av kommunikationsytan (se figur 3.3).



Figur 3.3 Uppbyggnaden av geometrin i FDS 3.1 för scenariot brand i omklädningsrummen till sporthallen (brandscenario 5).

Branden modelleras likt en bänk med tillhörande hängande kläder. Eftersom det inte går att ange två olika material som brinner samtidigt i FDS 3.1 (i detta fall kläder och trä) gjordes det konservativa antagandet att denna brand skulle kunna representeras av en brand i polyuretan som har hög rökpotential (SFPE 2002).

För indatafil till scenariot *brand i omklädningsrummen till sporthallen* se bilaga I.

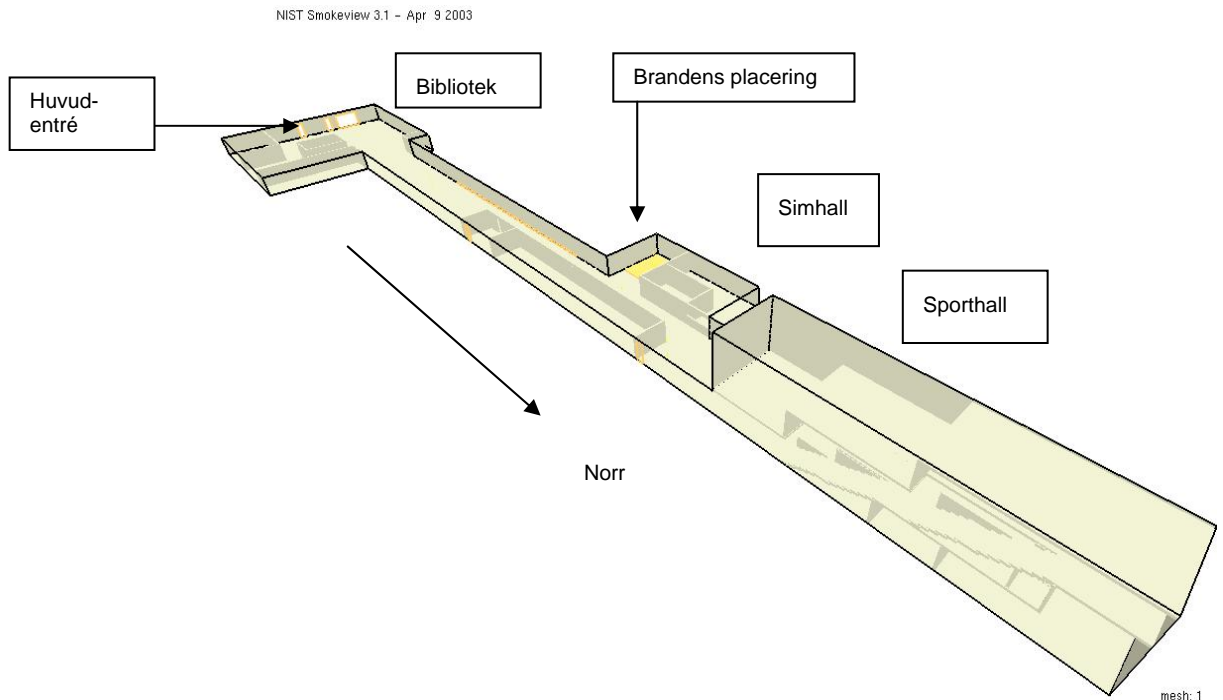
3.2.3 Scenariobeskrivning för stor brand i kommunikationsytan

Ett värsta troligt scenario har valts för att beskriva en händelse som ur utrymningshänseende anses vara värst. Scenariot utgörs av anlagd *stor brand i kommunikationsytan* (brandscenario 6). Branden är placerad i sportcaféet. Här finns stolar och bord av trä. Tillsammans med brandbelastningen i badkassan utgör möblerna det material som kan vara inblandat i en brand här. Brandens förlopp antas följa en $s k \alpha^2$ -kurva (Karlsson m.fl., 2000) och tillväxthastigheten för brand i trästolar och träinredning anges som snabb ($\alpha = 0.047$) (Abrahamsson, 1998). Maximal effekt är satt till 6 MW och det kan diskuteras om brandbelastningen vid besöket skulle kunna medföra en så stor effektutveckling. För detta talar att det i samma brandcell fanns ett nedmonterat scengolv som mycket väl skulle kunna ge en effektutveckling på 6 MW. Skivorna till scenen var placerade i en ställning med

uppskattade dimensioner om $2 \times 2 \times 4 \text{ m}^3$. Scenariot *stor brand i kommunikationsytan* är således valt som ett representativt scenario för en värsta trolig händelse i kommunikationsytan.

Modellering av stor brand i kommunikationsytan i FDS

Geometrin för scenariot *stor brand i kommunikationsytan* omfattar huvudentrén med serveringen samt den långa korridoren och trapphuset. Den modellerade ytan avgränsas efter trapphuset av brandcellsgränsen mot gymnasiet. I huvudentrén görs en avgränsning av simulerad yta mot biblioteket och korridoren mot tandkliniken. För jämförelse av simulerade utrymmen med verkligt utseende se figurer 3.2 och 2.1.



Figur 3.2 Uppbyggnaden av geometrin i FDS 3.1 för scenariot *stor brand i kommunikationsytan*. (brandszenario 6)

I FDS 3.1 har fem gridnät använts. Branden är placerad i sportcaféet och modellerad som en yta om 24 m^2 med en maximal effekt utveckling av 250 kW/m^2 . Materialet som brinner är angivet som trä eftersom detta är det material som utgör merparten av brandbelastningen i sportcaféet med intilliggande badkassa.

Mätningar av temperatur och siktbarhet omfattar hela kommunikationsytan. För indatafil till scenariot *stor brand i kommunikationsytan* se bilaga I.

3.2.4 Resultat från simuleringarna i FDS

Mätningar för att undersöka tid till kritiska förhållanden har i FDS 3.1 gjorts av temperatur och siktbarhet. Mätningar av toxicitet bygger på att förbränningsmodellen i FDS 3.1 motsvarar verkliga förhållanden. För att klara toxicitetsberäkningar krävs ett mycket finare gridnät och kopplat till det en väldigt stor datorkapacitet, vilket ej varit tillgängligt för projektet. Resultaten visar att brandgaserna kommer skikta sig i de två scenarierna och således uppstår förhållanden som brukar benämnas tvåzonsskiktning. Kriteriet för toxicitet sammanfaller ofta med kriteriet för höjden på brandgaslagret (Brandskyddshandboken, 2002)

vilket medför att toxicitet inte undersöks. Kritiska förhållanden för siktbarhet och temperatur har undersökts vid den höjd som teoretiskt betecknas brandgaslagrets höjd.

Kritisk höjd bestäms enligt $1.6 + 0.1 \cdot h$ (Brandskyddshandboken, 2002). $h = 2.4$ meter ger en kritisk höjd på 1.84 meter. Mätningar har i FDS 3.1 gjorts på höjden 1.8 meter samt på en höjd över och en höjd under 1.8 meter för att få en uppfattning om hur förhållandena är kring höjden för mätningarna.

Nedan redovisas resultaten från de två olika scenarierna. I bilaga F återfinns grafer över temperatur och siktförhållanden i de lokaler som simuleringarna omfattar. Tid till detektion har bestämts genom studier av resultaten enligt tidigare resonemang för scenariot sporthall (se kapitel 3.1.1), dvs genom en approximativ aktivering vid temperaturer på 13 grader C över rumstemperatur. För båda scenarierna blev detektionstiden cirka 60 sekunder.

Resultat brand i omlädningsrummen till sporthallen

Även för detta scenario blir siktbarheten dimensionerande (se tabell 3.6). Siktbarheten i de båda korridorerna utanför omlädningsrummen kommer ha nått kritiska förhållanden efter 95 sekunder och på plan två kommer kritiska förhållanden inträffa efter 222 sekunder. I kommunikationsytan uppstår kritiska förhållanden efter 129 sekunder.

Scenario	Utrymme	Parameter	Tid till kritiska förhållanden (s)
Omlädnings sporthall	korridor 479	temperatur	209
	korridor 479	siktbarhet	71
	korridor 506	temperatur	273
	korridor 506	siktbarhet	95
	kommunikationsytan	siktbarhet	129
	huvudkorridor plan 2	siktbarhet	222

Tabell 3.6 tider till kritiska förhållanden för scenariot brand i omlädningsrummen till sporthallen (brandscenario 5).

Resultat stor brand i kommunikationsytan

Som tabell 3.7 visar blir siktbarheten dimensionerande för scenariot *stor brand i kommunikationsytan*. Kritiska förhållanden uppstår redan efter 84 sekunder i korridoren vid sportcaféet, vilket innebär att kommunikationsytan snabbt blir avskuren för utrymning. Efter 250 sekunder råder kritiska förhållanden i alla de studerade delarna av kommunikationsytan.

Scenario	Utrymme	Parameter	Tid till kritiska förhållanden (s)
Kommunikationsyta	sportcafé	temperatur	128
	korridor vid sportcafé	siktbarhet	84
	korridor bred del	temperatur	270
	korridor bred del	siktbarhet	173
	sportentré	temperatur	272
	sportentré	siktbarhet	157
	huvudentré	siktbarhet	242
	plan 2	siktbarhet	188
	plan 3	siktbarhet	250

Tabell 3.7 tider till kritiska förhållanden för scenariot brand i kommunikationsytan (brandscenario 6).

4 Utrymningsanalys

Syftet med utrymningsanalysen är att utifrån verksamhetens art, dimensionerande antal personer i byggnaden, befintliga möjligheter till utrymning samt mänskligt beteende i utrymningsituationer, analysera och bestämma erforderlig tid för utrymning. Vidare syftar utrymningsanalysen till att tillsammans med dimensionerande brandscenarion ligga till grund för en bedömning av personsäkerheten i händelse av brand inom valda delar av byggnaden. Bedömning/värdering av personsäkerheten för personer inom byggnaden i händelse av brand utförs i kapitel 5, *Brand- och utrymningsanalys*.

Kapitlet är uppbyggt så att valda utrymningsscenarier och resultaten av desamma redovisas uppdelat efter tre delar av byggnaden – sporthall, badanläggning och kommunikationsytor.

4.1 Utrymningsscenarier

Representativa utrymningsscenarier modelleras i syfte att fastställa hur lång tid det tar för människor att utrymma lokalen. Samtliga indata visas nedan i tabell 4.1. Utrymningstiden utgör summan av tre deltider:

- *Varseblivningstid* – tid innan de utrymmande blir varse att det brinner. Denna tid kan antingen bestämmas utifrån en bedömning av när personer med hjälp av sina sinnen blir varse om branden eller då de uppfattar brandlarmet. Det finns ett samband mellan varseblivningstid och beslut och reaktionstid beroende på vilken av ovan angivna varseblivningssätt som antas. Detta tidsintervall baseras här på antingen detektion eller visuell upptäckt. I det fall branden varseblivs visuellt av person som befinner sig i brandrummet vid brandstart sätts denna tid till 0 sekunder. I annat fall upptäcks branden ej omedelbart vid brandstart, utan personer antas bli varse det inträffade först efter 60 sekunder.
- *Reaktion- och beslutstid* – tid innan personerna börjar röra sig mot utgångarna efter att de blivit varse om branden. Denna tid är beroende av hur individen får reda på att det brinner d.v.s. om han eller hon ser branden eller blir varse genom att bli varnad av andra eller av ett utrymningslarm. Med stöd ifrån Frantzich (2001) antas denna tid till 50 s, 100 s och 250 s beroende på om individen ser branden, blir varnad av någon annan eller uppfattar en larmklocka.
- *Evakueringstid* – tid för förflyttning (gång- och kötid) av personer ur lokalen. Evakueringstiden för samtliga utrymningsscenarier har simulerats med programvaran Simulex 1.3 (Thompson 1996). Verifiering med hjälp av handberäkningar redovisas i bilaga D.

Evakueringsberäkningarna utförda i Simulex 1.3 (Thompson, 1996) ger en mer nyanserad bild av utrymningen än handberäkningar. Vid dessa simuleringar tas hänsyn till eventuella flödesbegränsande partier, en bild ges också av var köbildning kan uppstå ges. Det bör dock poängteras att det här inte tas hänsyn till mänskligt beteende vid brand. Fördröjning i utrymningsförloppet till följd av mänskligt beteende vid brand tas hänsyn till vid redovisning av resultat genom tillägg för varseblivningstid samt beslut och reaktionstid.

I tabellen nedan beskrivs valda Utrymningsscenarier. För motivering till val av personantal se tabell 2.1.

Scenario Nr/Beskrivning	Antal personer	Utrymning via	Minsta dörrbredd längs utrymningsväg
1a - Badanläggning 300 personer 80% ut genom sportentré.	250	Via omklädning vidare ut genom sportentré	1.2 m
	50	Direkt ut i det fria	0.9 m
1b - Badanläggning 300 personer, 80% direkt ut i det fria.	50	Via omklädning vidare ut genom sportentré	1.2 m
	250	Direkt ut i det fria	0.9 m
2a - Sporthall (disco) 500 personer	300	Direkt ut i det fria	1.2 m
	200	Via läktare vidare ut genom sportentré	1.2 m
2b - Sporthall (disco) 500 personer	500	Direkt ut i det fria	1.2 m
3a - Sporthall och omklädning plan 2	200	Direkt ut i det fria	1.2 m
	100	Via läktare vidare ut genom sportentré	1.2 m
3b - Omklädning sporthall plan 1 150 personer	100	Direkt ut i det fria	1.2 m
	50	Via korridor vidare ut genom sportentré	1.2 m
4a - Sporthall sportevenemang 400 personer	250	Via läktare vidare ut genom sportentré	1.2 m
	100	Direkt ut i det fria	1.2 m
	50	Via trappa till plan 1 vidare ut genom sportentré	1.2 m
4b - Sporthall sportevenemang 400 personer	150	Via läktare vidare ut genom sportentré	1.2 m
	200	Direkt ut i det fria	1.2 m
	50	Via trappa till plan 1 vidare ut genom sportentré	1.2 m
5a - Hela byggnaden 1000 personer	600	Direkt ut huvudentré	1.8 m
	100	Från plan 3 vidare ut genom huvudentré	1.8 m
	200	Direkt ut sportentré	1.2 m
	100	Från plan 3 vidare ut genom sportentré	1.2 m
5b - Hela byggnaden 1600 personer	900	Direkt ut huvudentré	1.8 m
	200	Från plan 3 vidare ut genom huvudentré	1.8 m
	300	Direkt ut sportentré	1.2 m
	200	Från plan 3 vidare ut genom sportentré	1.2 m

Tabell 4.1 Scenariobeskrivningar för simuleringar i Simulex 1.3.

4.2 Resultat utrymningsanalys

Resultatet av utrymningsanalysen visas i tabell 4.2 nedan. Samtliga scenarier visar på förhållandevis långa utrymningstider. Reaktion- och beslutstid har anpassats till om det är frågan om utrymning från ett eller flera utrymmen d.v.s. om personer kan se branden (visuellt) eller endast kan bli varse genom larmklocka.

- Resultaten från scenario 1a och 1b, vilka avser utrymning från badanläggningen, visar på likvärdiga tider för utrymning på omkring 10 min. Generellt kan sägas att utrymningstider på uppemot 10 minuter inte är att föredra, oberoende av hur ett eventuellt brandförlopp ser ut.
- I scenario 2a och 2b kan en viss skillnad i utrymningstider urskiljas. Scenario 2a, där evakueringen sker både över läktare och genom dörr i golvnivå, medför drygt 20 s längre utrymningstid än scenario 2b, där utrymning endast sker genom dörr i golvnivå. Detta visar på att utrymningsmöjligheten över läktaren och vidare ut på plan 3 är begränsad och att utrymning via dörr i golvnivå är att föredra.
- Scenario 3a och 3b, vilka relaterar till utrymning av omklädning sporthall plan 2 respektive plan 1 skiljer sig ca 30 s i erforderlig tid för utrymning medan personantalet skiljer sig en faktor 2. Utrymningen av omklädning plan 1 för 150 personer anses, i förhållande till utrymning av omklädning plan 2 för 300 personer, inte vara tillfredställande.
- Utrymning av sporthallen vid ett sportevenemang (scenario 4a och 4b) ger utrymningstider på omkring 10 min, vilket åter igen anses vara för långa. Anledningen är att huvuddelen av personantalet befinner sig på läktaren och således används dörren mot kommunikationsytan på plan 3 av ett stort antal personer, vilket blir en begränsning i sammanhanget.
- Scenario 5a och 5b relaterar till utrymning av 1000 respektive 1600 personer över kommunikationsytan och vidare ut i det fria genom huvudentré, och sportentré. Resultaten visar på utrymningstider över 10 minuter, vilket anses vara för lång tid.

Scenario	Evakueringstid	Varseblivningstid		
		Visuellt	Visuellt eller Detektion	
		0 s	60 s	
		Reaktion- och beslutstid		
		Visuellt	Varnad av andra / talat utrymningslarm	Larmklocka
		50 s	100 s	250 s
		Erforderlig tid för utrymning		
		Visuellt	Visuellt eller detektion + Varnad av andra / talat utrymningslarm	Detektion+Larmklocka
		1a - Badanläggning 300 personer 80% ut genom sportentré.	243 s	293 s
1b - Badanläggning 300 personer, 80% direkt ut i det fria.	233 s	283 s	393 s	543 s
2a - Sporthall (disco) 500 personer	266 s	316 s	426 s	-
2b - Sporthall (disco) 500 personer	243 s	293 s	403 s	-
3a - Sporthall och omklädning plan 2	120 s	-	280 s	430 s
3b - Omklädning sporthall plan 1 150 personer	84 s	134 s	244 s	-
4a - Sporthall sportevenemang 400 personer	273 s	323 s	433 s	583 s
4b - Sporthall sportevenemang 400 personer	301 s	351 s	461 s	611 s
5a - Hela byggnaden 1000 personer	351 s	-	511 s	661 s
5b - Hela byggnaden 1600 personer	424 s	-	584 s	734 s

Tabell 4.2 Resultat från utrymningsanalys. Värden från kolumnen evakueringstid adderas med värden för varseblivningstid och besluts- och reaktionstid. Erforderlig tid för utrymning erhålls för varje utrymningsscenario med de tre olika fördröjningstiderna (50 s, 160 s och 310 s). Fördröjningstid är alltså varseblivningstid + besluts- och reaktionstid.

Resultaten av utrymningsanalysen berörs vidare i kapitel 5, *Brand- och utrymningsanalys* där de ligger till grund för en utvärdering av personsäkerheten i händelse av brand i valda delar av byggnaden.

5 Brand- och utrymningsanalys

Syftet med brand- och utrymningsanalysen är att undersöka personsäkerheten på Frölunda Kulturhus i händelse av brand. Målet med brand- och utrymningsanalysen är att redovisa en kvalitativ värdering av personsäkerheten, vilken ligger till grund för förslag till åtgärder.

5.1 Förutsättningar

Valda utrymningsscenarier jämförs med brandscenarier som kan komma att påverka utrymningen i valda delar av byggnaden. Erforderlig tid för utrymning sätts i relation med tiden till kritiska förhållanden. Kritiska förhållanden uppstår som tidigare nämnts då (Brandskyddshandboken 2002):

- Temperaturen i undre brandgaslagret överstiger 80 grader C på en kritisk höjd av $1.6+0.1 \times h$, där h är aktuell höjd till tak.
- Siktbarheten i lokalen eller utrymningsvägarna understiger 10 m på en kritisk höjd av $1.6+0.1 \times h$, där h är aktuell höjd till tak.

Vid lokalt hög temperatur och värmestrålning (i närheten av branden) förväntas människor instinktivt förflytta sig där ifrån.

Resultaten från simulerade brandförlopp visar uteslutande på att siktbarheten blir dimensionerande vid bestämning av tid till kritiska förhållanden.

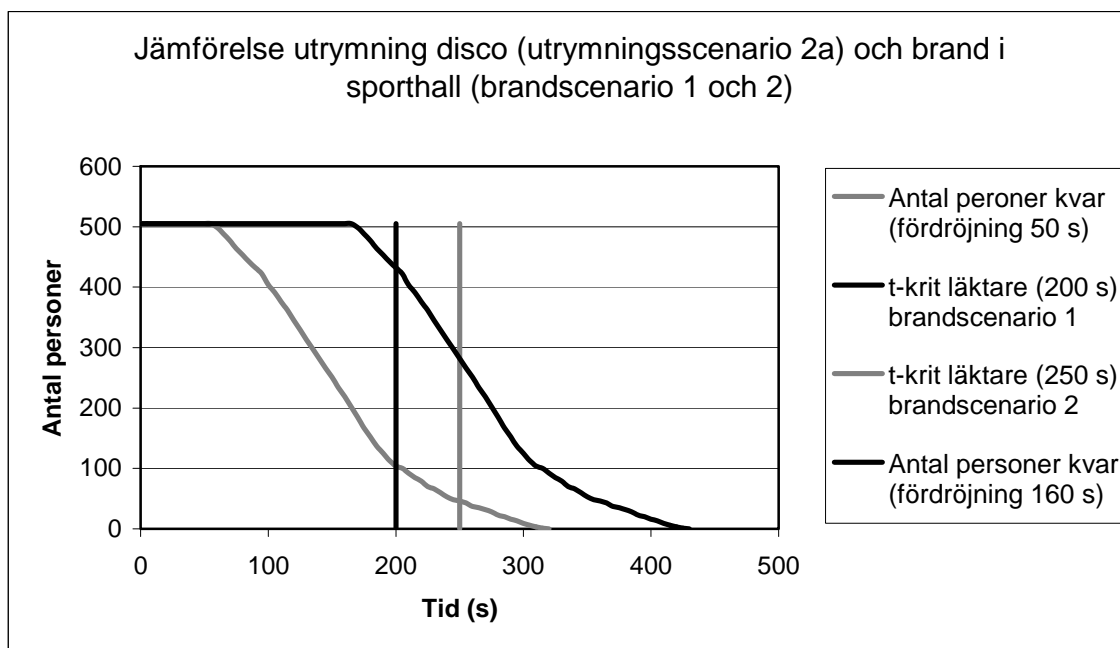
5.2 Jämförelse av resultat och utvärdering av personsäkerheten

I detta avsnitt görs jämförelser mellan resultaten från simulerade brandförlopp och beräkning av erforderlig tid för utrymning. Jämförelser åskådliggörs med figurer och leder till en kvalitativ bedömning av personsäkerheten vid uppkomst av brand i valda delar av byggnaden. Genom denna jämförelse ges även en uppfattning om olika parametrars påverkan på bedömningen av personsäkerheten.

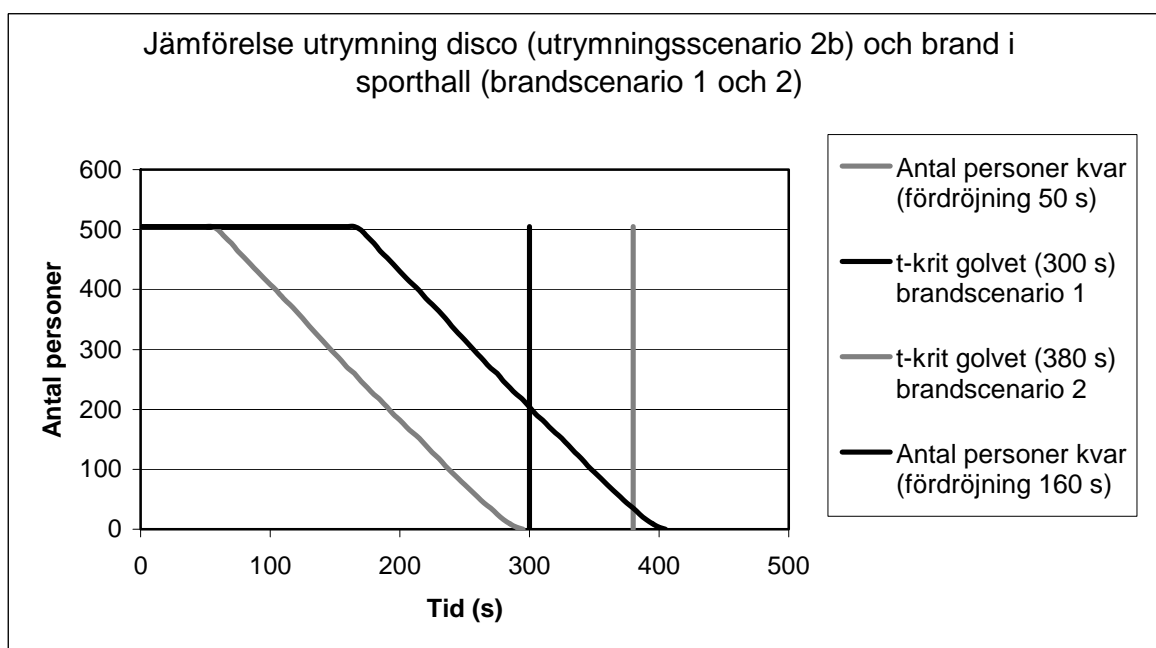
5.2.1 Brand och utrymning av sporthall – Disco

Jämförelse mellan utrymningsförlopp för sporthall vid disco och tid till kritiska förhållanden vid brand redovisas i figur 5.1 och figur 5.2 nedan. Figur 5.1 beskriver utrymningsscenario 2a (300 personer ut i det fria genom dörr i golvnivå, 200 personer ut via läktaren och vidare till sporténtren) i relation till brandscenario 1 (5 MW fast) och brandscenario 2 (5MW medium). Figur 5.2 beskriver utrymningsscenario 2b (500 personer ut till det fria i golvnivå) i relation till samma brandscenarier som ovan.

Resultaten visar på otillfredsställande personsäkerhet. Erforderlig tid för utrymning är näst intill identiska i scenario 2a och 2b. Tid till kritiska förhållanden skiljer sig dock åt beroende på om personer utrymmer över läktaren eller direkt till det fria. För utrymningsscenario 2a kommer det i bästa fallet, då personer snabbt blir varse branden och startar evakuering, uppstå kritiska förhållanden då 50-100 personer fortfarande befinner sig på läktaren. Utrymning i golvplan genom dörr till det fria är således att förespråka. Resultaten visar dock på att säkerhetsmarginalen mellan erforderlig tid för utrymning och tid till kritiska förhållanden på golvnivå är i det närmaste obefintlig.



Figur 5.1 Jämförelse mellan utrymningsförlopp för disco i sporthall och tid till kritiska förhållanden på läktaren. 500 personer i lokalen varav 300 personer utrymmer till det fria i golvnivå och 200 via läktaren och ut genom sportentrén.

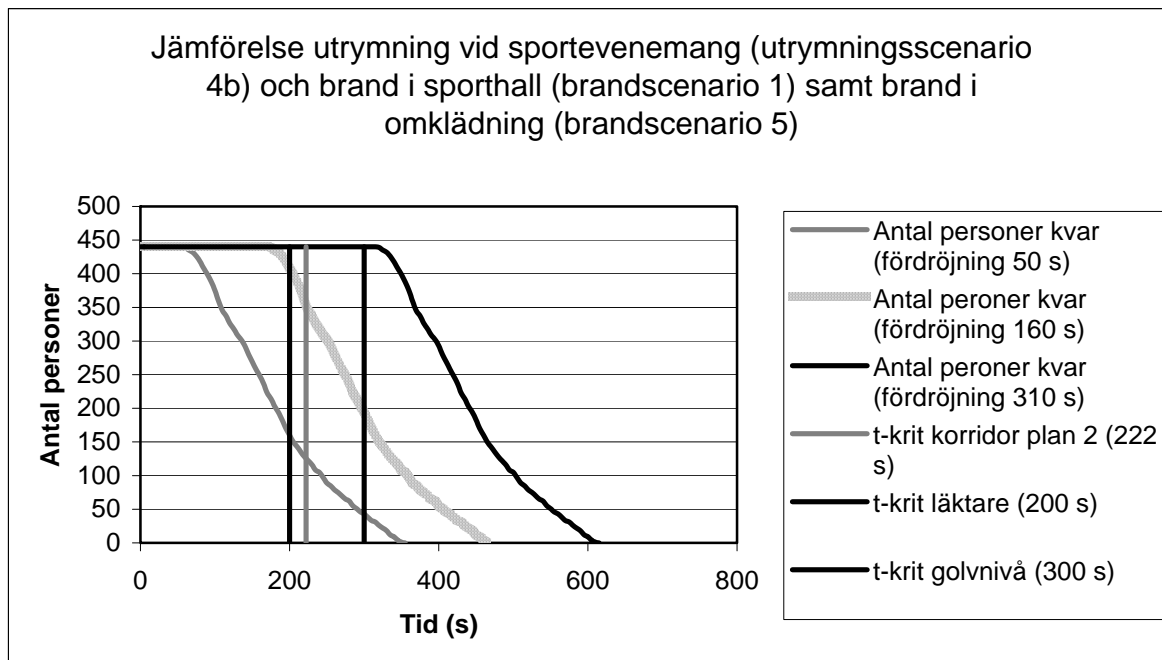


Figur 5.2 Jämförelse mellan utrymningsförlopp för disco i sporthall och tid till kritiska förhållanden på golvnivå. 500 personer i lokalen varav samtliga utrymmer genom dörr till det fria i golvnivå.

Personsäkerheten är således inte tillfredsställande vid denna typ av verksamhet med befintliga möjligheter till utrymning. En längre reaktions- och beslutstid än den som valts är dessutom mer sannolikt i sammanhanget då det är frågan om disco med hög musik och dåliga siktförhållanden. En jämförelse med en fördröjningstid på 160 sekunder visar på kritiska förhållanden på läktaren redan då 300-450 personer fortfarande befinner sig i lokalen och kritiska förhållanden på golvnivå då 20-200 personer befinner sig i lokalen. Personsäkerheten är i högsta grad otillfredsställande, vilket kan leda till allvarliga konsekvenser i händelse av brand i denna del av byggnaden.

5.2.2 Brand och utrymning sporthall – Sportevenemang

Jämförelse mellan utrymningsförlopp för sporthallen vid sportevenemang och tid till kritiska förhållanden vid brand redovisas i figur 5.3 nedan. I figuren beskrivs utrymningsscenario 4b (150 via läktare och vidare ut genom sportentrén, 200 personer ut i det fria i golvnivå, 50 personer via korridor på plan 2 ner för trappa och ut genom sportentrén).



Figur 5.3 Jämförelse mellan utrymningsförlopp för sporthall och tid till kritiska förhållanden på golvnivå. 400 personer i sporthallen varav 150 personer utrymmer via läktare, 200 genom dörr till det fria i golvnivå och 50 personer genom korridoren på plan 2 ner för trappan och ut genom sportentrén.

Resultaten visar på otillfredsställande personsäkerhet. Erforderlig tid till utrymning överstiger tid till kritiska förhållanden i samtliga fall. Scenarierna med 50- respektive 160 sekunders fördröjning relaterar till kritiska förhållanden på läktaren och på golvnivå d.v.s. de fall då branden är placerad i lokalen. Den längre utrymningstiden med en fördröjning på 310 s relaterar till kritiska förhållanden i korridor i omklädningsutrymme på plan 2 d.v.s. då branden är placerad i omklädning plan 1 (brandscenario 5).

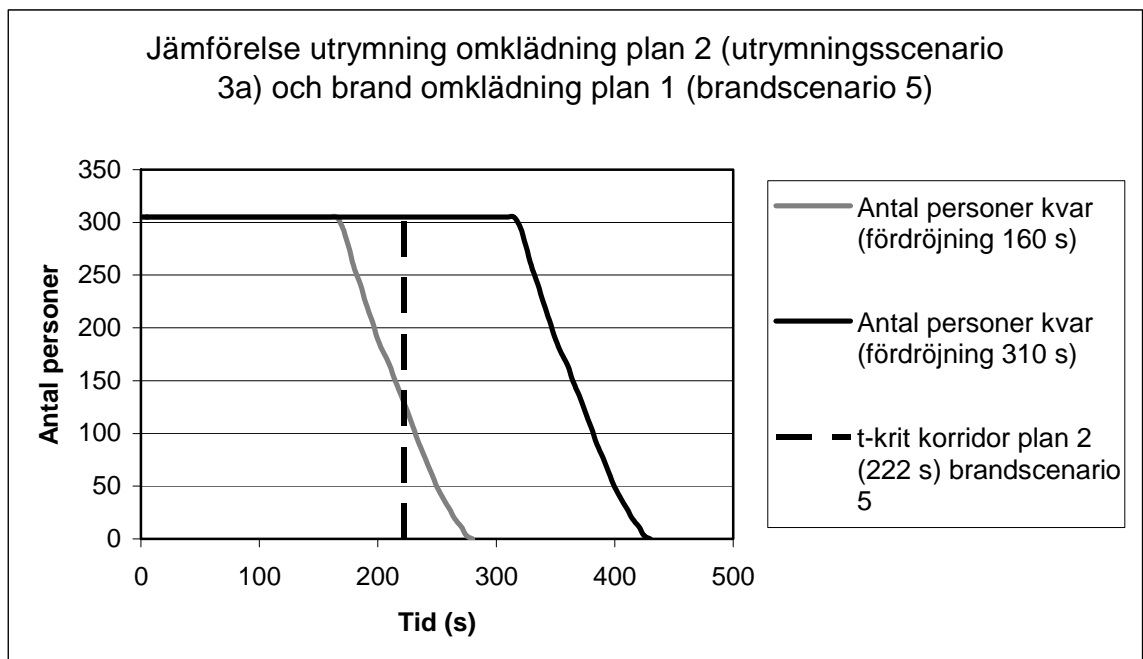
Återigen visar resultaten på att erforderlig tid för utrymning över läktaren och vidare ut till kommunikationsytan på plan 3 överstiger tid till kritiska förhållanden på läktaren. Trots antagandet att fördröjningstiden endast är 50 sekunder uppstår kritiska förhållanden på läktaren då cirka 150 personer fortfarande befinner sig i lokalen. Inte heller utrymning genom dörr till det fria anses tillfredsställande. Personer på läktaren kommer att få problem med att ta sig ner på golvet innan kritiska förhållanden uppstår på läktaren. Jämförelsen mot brandscenario 5 (brand i omklädning på plan 1) visar på att kritiska förhållanden i korridoren utanför sporthallen på plan 2 uppstår innan eller samtidigt som personer reagerar på branden och startar evakuering. Personsäkerheten i sporthallen vid verksamhet som betyder att ett stort antal personer befinner sig på läktaren t.ex. sportevenemang är i högsta grad otillfredsställande.

5.2.3 Brand och utrymning sporthall – Omklädning

I figur 5.4 nedan redovisas en jämförelse mellan tid till kritiska förhållanden i korridor på plan 2, till följd av en brand i omklädningsrum plan 1 (brandscenario 5), och erforderlig tid

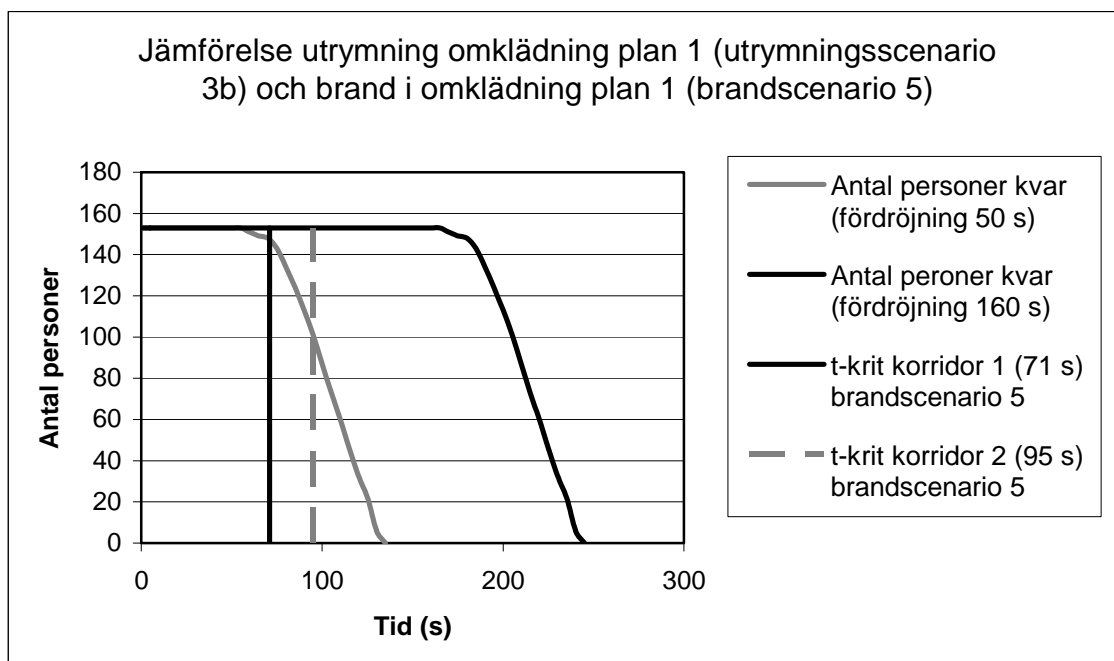
för utrymning av omklädningsutrymme på plan 2 (utrymningsscenario 3a). Utrymningsscenario 3a innebär att 200 personer utrymmer direkt till det fria och 100 personer utrymmer via läktare och ut genom sportentrén.

Resultaten visar på att brandgasspridning via trappan till plan 2 medför kritiska förhållanden innan personer hunnit påbörja evakuering. Personsäkerheten är följaktligen inte tillfredsställande. Även vid en kortare fördröjningstid, vilket i detta fall relaterar till om personerna på plan två blir varnade av ett talat utrymningsmeddelande eller varnade på något annat adekvat sätt, uppstår kritiska förhållanden då drygt 100 personer fortfarande befinner sig i lokalerna. Möjligheterna till utrymning är otillfredsställande liksom utrymningslarmet i form av larmklockor som inte medför tillräckligt snabb reaktions- och beslutstid.



Figur 5.4 Jämförelse mellan utrymningsförlopp för omklädning sporthall plan 2 och tid till kritiska förhållanden i korridor plan 2. 300 personer varav 200 utrymmer genom dörr till det fria och 100 personer via läktare och ut genom sportentrén.

Utrymningsscenario 3b omfattar 150 personer på plan 1, 100 personer utrymmer direkt till det fria och 50 personer utrymmer via korridoren ut genom sportentrén. Jämförelse mellan utrymningsförlopp (utrymningsscenario 3b) och brand i omklädning till sporthall på plan 1 (brandscenario 5) redovisas i figur 5.5 nedan. Resultaten visar på en *personsäkerhet med alarmerande brister*. Resultatet av simulerat brandförlopp visar på en snabb och ogynnsam brandgasutbredning i korridorer (se bilaga F). Den låga takhöjden och otäta konstruktioner är bidragande orsaker till den snabba brandgasutbredningen. Kritiska förhållanden uppstår efter knappt 1.5 minuter. Trots kort fördröjning innan evakueringen startar medför brandgasutbredningen att kritiska förhållanden uppstår då endast ett fåtal personer har hunnit ut ur lokalen. Personer som befinner sig i omklädningsrum och inte har möjlighet att bli varse branden i tid har liten eller ingen möjlighet att förflytta sig till utrymningsvägar. Resultaten visar här på att en anlagd brand i denna del av byggnaden med stor sannolikhet kommer att leda till ödesdigra konsekvenser.



Figur 5.5 Jämförelse mellan utrymningsförlopp för omklädning sporthall plan 1 och tid till kritiska förhållanden i korridorer på plan 1. 150 personer, varav 100 personer utrymmer direkt genom dörr till det fria och 50 via korridorerna utanför omklädningsrummen och ut genom sportentrén till det fria.

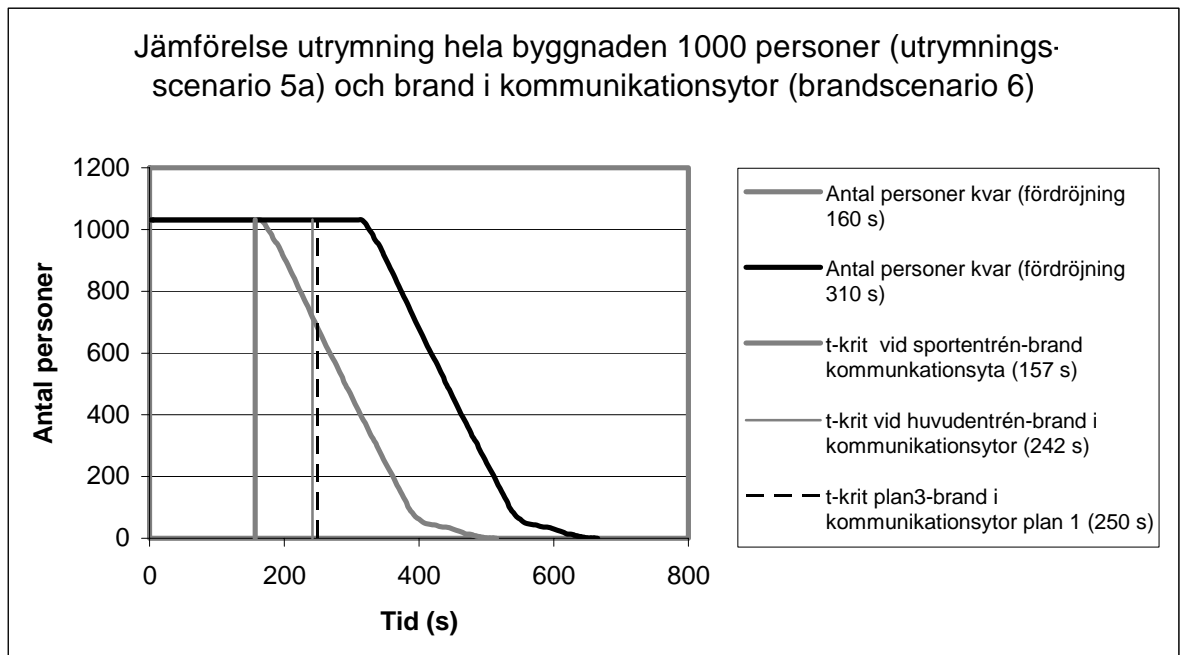
5.2.4 Brand och utrymningsanalys badanläggning

Trots att ingen simulering av brandförlopp i badanläggningen har utförts kan slutsatser rörande personsäkerheten dras. Baserat på simulering av erforderlig tid för utrymning och simulerade brandförlopp i omklädning sporthall dras slutsatsen att personsäkerheten även här har alarmerande brister. En brand i omklädningsutrymmena till badanläggningen kommer att leda till liknande brandförlopp som för omklädning sporthall. Lokalernas konfiguration, konstruktion och takhöjd är i stor utsträckning jämförbara. I omklädning bad finns dock en förmildrande omständighet i detta sammanhang, nämligen att passage från olika omklädningsrum till korridor sker genom en sluss, vilket i viss utsträckning kommer att fördröja brandgasutbredning. Erforderlig tid för utrymning varierar mellan 5 till 10 minuter beroende på varseblivningstid samt reaktion- och beslutstid. Jämförelse med tid till kritiska förhållanden för brand i omklädning i sporthall leder, även om brandgasutbredningen inte är lika omfattande, till att personsäkerheten är otillfredsställande.

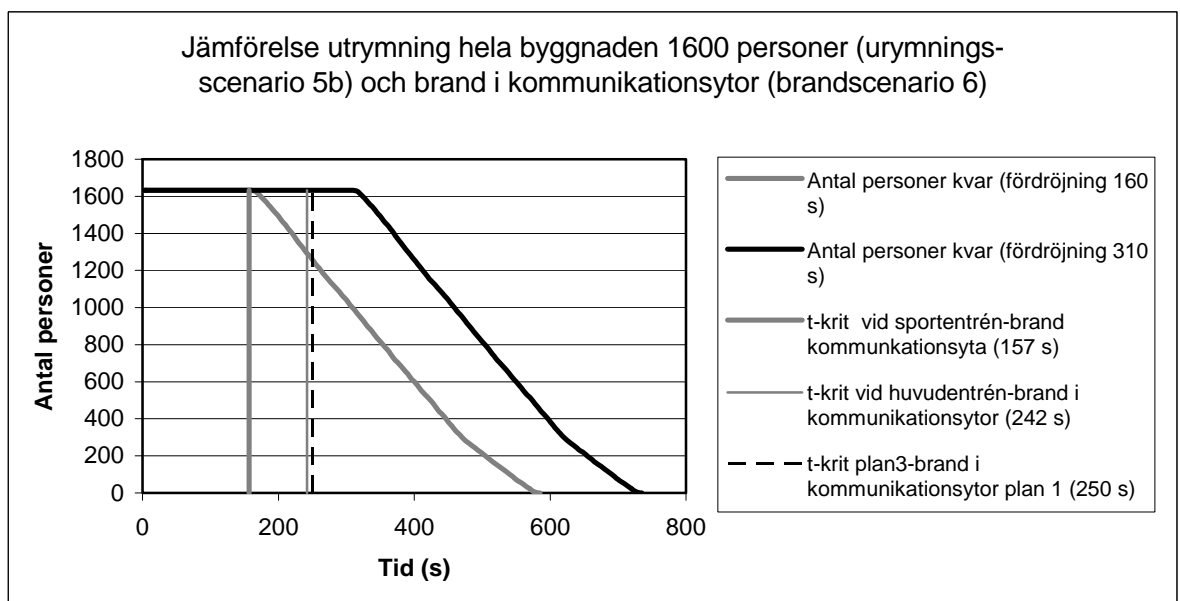
5.2.5 Brand och utrymning kommunikationsytan

Som nämnts i inledningen har Frölunda Kulturhus 700 000-800 000 besökare per år, vilket innebär cirka 2000 besökare per dag. En uppskattning av maximalt antal personer samtidigt i byggnaden görs till 1000 personer för en normaldag. Ett värsta troligt utrymningsscenario antas vidare innebära 1600 personer samtidigt i byggnaden. I figur 5.6 och 5.7 nedan redovisas jämförelse mellan utrymningsscenario för 1000 personer (utrymningsscenario 5a) respektive 1600 personer (utrymningsscenario 5b) över kommunikationsytan och brand i kommunikationsytan (brandscenario 6). Utrymningsscenarierna relaterar till utrymning av hela byggnaden. Kommunikationsytan i Frölunda Kulturhus har en hög genomströmning av personer på väg till och från olika delar av bygganden. Detta leder även till att personer med stor sannolikhet kommer att använda kommunikationsytan för utrymning i händelse av brand någonstans i bygganden. Brandscenarierna relaterar till brand i själva kommunikationsytan i närheten av badanläggningen där det idag finns en kassa och ett mindre café, sportcaféet. Kommunikationsytans placering i byggnaden och utformningen medför att brandgaser kan komma att hindra folk från att fortsätta ut och istället tvingas

vända om och välja en annan väg ut. Jämförelsen mellan brand och utrymningsscenario leder till bedömningen att personsäkerheten även här har alarmerande brister.



Figur 5.6 Jämförelse mellan utrymningsförlopp för kommunikationsytan samt brandförlopp som kan komma att påverka utrymningen i kommunikationsytan. 1000 personer och utrymning genom huvudentré och sportentré (för de utrymandes väg ut se tabell 4.1).



Figur 5.7 Jämförelse mellan utrymningsförlopp för kommunikationsytan samt brandförlopp som kan komma att påverka utrymningen i kommunikationsytan. 1600 personer och utrymning genom huvudentré och sportentré (för de utrymandes väg ut se tabell 4.1).

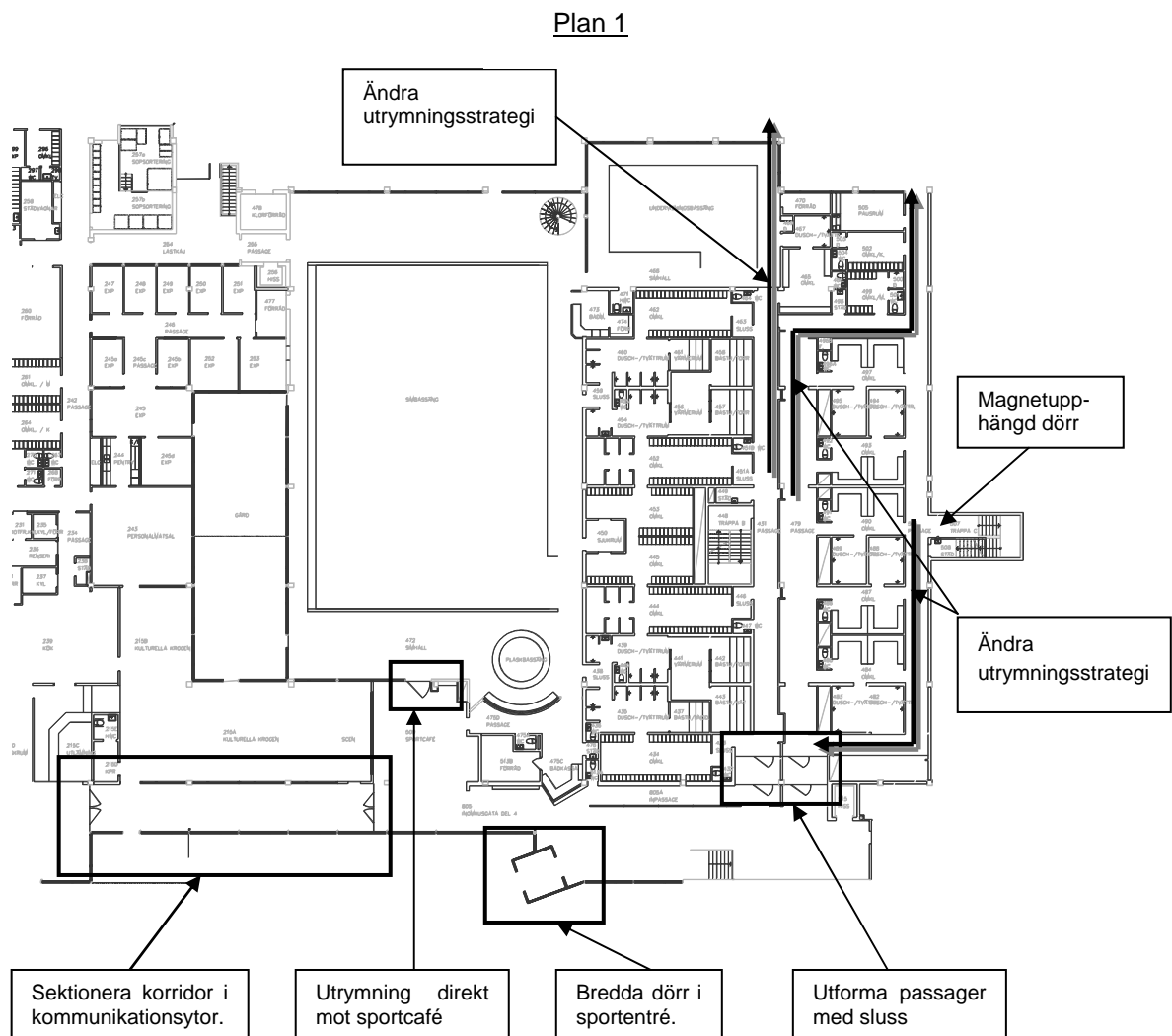
Vid en brand i kommunikationsytan uppstår kritiska förhållanden i delar av ytorna efter cirka 1,5 minuter (siktbarhet i korridor utanför sportcafé, ej med i figurer 5.6 och 5.7). Detta leder till att utrymningsvägarna skärs av. Värre är att efter cirka 2,5 minuter (157 sekunder) är sportentrén blockerad. Erforderlig tid för utrymning varierar mellan 500 och 700 sekunder beroende på personantal och efter hur lång tid evakueringen startar. Efter knappt 5 minuter har kritiska förhållanden uppstått över stora delar av kommunikationsytan. Vid denna tid har

i det gynnsammaste fallet endast ett hundratal hunnit utrymma byggnaden. Slutsatsen är att personsäkerheten här, precis som i övriga valda delar av byggnaden, är otillfredsställande och måste åtgärdas.

5.3 Åtgärdsförslag

Brand- och utrymningsanalysen visar på allvarliga brister avseende personsäkerheten i de studerade delarna av byggnaden. Jämförelsen mellan simulerade brandförlopp och utrymningsförlopp, som bedöms motsvara värsta troliga scenarier, visar att personer inte hinner utrymma på ett säkert sätt innan kritiska förhållanden uppstår. Syftet med detta avsnitt är att, utifrån resultaten från brand- och utrymningsanalysen, ge förslag på åtgärder för att höja nivån på personsäkerheten i valda delar av byggnaden.

Orsaken till att personsäkerheten brister är dels att möjligheten till enkel oh överblickbar utrymning inte existerar inom flera av de valda delarna av byggnaden. En annan orsak är att delar av byggnaden har en geometri, som medför snabb brandgasspridning d.v.s. att kritiska förhållanden uppstår tidigt i utrymningsförloppet. Ett antal av de föreslagna åtgärderna åskådliggörs i figurer 5.8 och 5.10 nedan.



Figur 5.8 Översiktlig bild över de åtgärdsförslag som ges för badanläggning, omklädningsrum till sportball och kommunikationsytan.

5.3.1 Badanläggning

För badanläggningen har inget specifikt brandscenario simulerats. Trots detta har en utvärdering av personsäkerheten gjorts. Utvärderingen baseras på antagandet om att ett eventuellt brand i omklädningsrummen får ett förlopp som liknar en brand i omklädningsrummen till sporthallen.

I simhallen är utrymning över badkassan inte funktionell. För att tillse att säker utrymning av simhallen kan ske bör utrymning ske direkt till angränsande kommunikationsytan. Utrymning över kommunikationsytan bör utformas så att den är tilltalade för personer i simhallen i syfte att få dem att välja denna framför att utrymma via omklädningsrum. I ett verkligt scenario är det inte heller troligt att personer utrymmer direkt ut i det fria, i synnerhet under vintertid vilket ytterligare ökar betydelsen av att utrymning direkt till kommunikationsytan är enkel och har stor kapacitet. Lämplig dörrbredd är minst 1.2 meter eftersom det medför en relativt bra kapacitet. Dörrar bör ha glaspartier för att vara tilltalande för utrymning.

I östra delen av omklädningsrummen till simhallen finns idag ingen möjlighet till enkel utrymning. För att utrymning av omklädningsrummen skall anses medföra god personsäkerhet bör utrymning i östra delen av korridoren kunna ske direkt ut i det fria. Hur detta ska lösas praktiskt är upp till fastighetsägare, i samråd med nyttjare, att fastställa.

Från omklädningsrummen till simhallen och ut till angränsande del av kommunikationsytan bör passage utformas med sluss. Detta för att hindra brandgasspridning till kommunikationsytan och därmed öka möjligheten till säker utrymning av kommunikationsytan.

5.3.2 Omklädningsrum sporthall plan 1

Den huvudsakliga orsaken till att personsäkerheten i dessa utrymnen inte är tillfredställande är den snabba brandgasspridningen som kan förväntas vid en brand i något av omklädningsrummen. Dock anses inte heller strategin och möjligheten till utrymning vara tillfredsställande. För att skapa en tillfredställande strategi för utrymning bör båda korridorerna ha tillgänglighet till två av varandra oberoende utrymningsvägar, utan att personer skall behöva gå igenom något omklädningsrum på vägen till utrymningsväg.

Åtgärder för att fördröja brandgasspridning mellan omklädningsrum och korridor innefattar att tillse att passage mellan omklädningsrum och korridor hindrar brandgasspridning, t.ex. genom att utforma passagen som en sluss eller att montera dörrstängare.

Passage mellan omklädningsrum sporthall och den angränsande kommunikationsytan bör utformas med sluss. Detta bör göras för att hindra brandgasspridning till kommunikationsytan och därmed öka möjligheten till säker utrymning av kommunikationsytan.

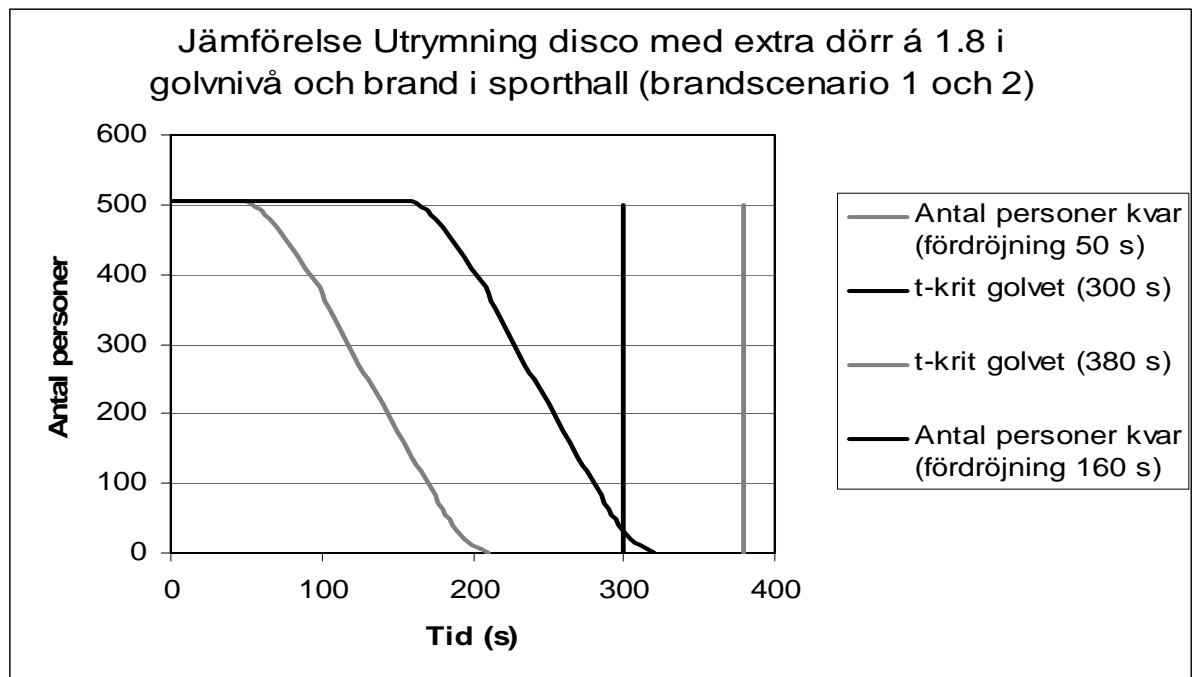
5.3.3 Omklädningsrum sporthall plan 2

Avgörande för att skapa god personsäkerhet i omklädningsrummen till sporthallen på plan 2 är att tillse att brandgasspridning från plan 1 till plan 2 via trappa förhindras. Detta åstadkoms lämpligen genom att kombinera befintlig dörrstängare med magnetupphängning av dörren mot trappan på plan 1, vilket innebär att dörren stängs vid brandlarmets utlösande. Vid besöket var denna dörr uppställd med kil, vilket i framtiden bör förbjudas i hela byggnaden. Utrymningsstrategin bör även förändras så att trappan till plan 1 inte märks ut som utrymningsväg. Utrymning av korridoren bör istället ske genom dörr till solterrass och genom dörr till kommunikationsytan på plan 2, vilket åskådliggörs i figur 5.10 nedan. Efter

genomförande av dessa åtgärder anses personsäkerheten och möjligheten till säker utrymning av omklädnings sporthall plan 2 vara god.

5.3.4 Sporthall

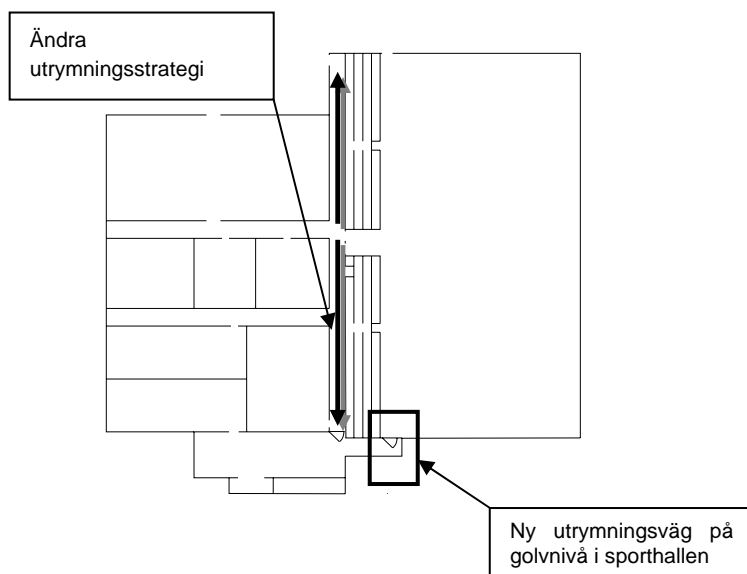
I stora sporthallen är den huvudsakliga orsaken till bristande personsäkerhet att strategin för utrymning inte är anpassad till verksamheten. Vid vanlig skolverksamhet d.v.s. idrottslektioner anses personsäkerheten vara fullgod. Däremot är utrymningen inte anpassad till verksamheter som disco, större sportevenemang eller föreställningar. För att denna verksamhet skall kunna bedrivas i lokalen med en tillfredställande personsäkerhet bör lokalen förses med ytterligare en utrymningsväg, som bör placeras på golvnivå i lokalens västra sida och med en minsta bredd av 1.8 meter (se figur 5.10 nedan) eller 1.2 meter kombinerat med en breddning av befintlig dörr på golvnivå. En dörr till med denna utformning skulle innebära betydligt kortare utrymningstider. Detta har verifierats med simulering i Simulex 1.3. En jämförelse mellan tid till kritiska förhållanden och erforderlig tid för utrymning av 500 personer vid utnyttjande av *två dörrar på golvnivå* med en total bredd av 3 m visas i *Figur 5.9* nedan. Resultaten visar på att utrymning vid discoverksamhet med ett maximalt personantal på 500 kan ske på ett säkert sätt efter genomförande av föreslagen åtgärd.



Figur 5.9: Jämförelse mellan tid till kritiska förhållanden och utrymning genom två dörrar på golvnivå med en total bredd av 3 m.

Resultatet enligt figur 5.9 ovan medför nära 2 minuters kortare utrymningstid än utrymningsscenario 2b (se avsnitt 5.2.2). Genom att sätta in ytterligare en dörr på golvnivå bedöms personsäkerheten vara fullgod.

Plan 2 sporthall och omklädning



Figur 5.10 En översiktlig bild över de åtgärdsförslag som ges för sporthallen och omklädning plan 2.

5.3.5 Kommunikationsytor

I dagsläget bedöms brandbelastningen i kommunikationsytan vara för hög bland annat p.g.a. att den innefattar reception, badkassa, och caféer. Detta innebär att personsäkerheten inte är fullgod för personer som kan förväntas använda kommunikationsytan vid utrymning, vilket är ett betydande antal. Att personsäkerheten inte är fullgod kommer även av att personer som ämnar utrymma över något av de huvudsakliga entrépartierna är beroende av samma korridor. En brand i t.ex. sportcaféet och badkassan kan slå ut samtliga entrépartier inom loppet av 3 minuter, vilket kan få allvarliga konsekvenser för personer i bygganden. För att höja nivån på personsäkerheten bör, vilket har nämnts tidigare, passager till angränsande utrymme på plan 1 d.v.s. omklädning bad och omklädning sporthall utformas med slussar. Vidare bör kommunikationsytan sektioneras där det i dagsläget finns skjutportar. Dörrar i dessa brandscellsgränser bör vara upphängda på magneter som tillser stängning vid utlösning av brandlarm. Denna åtgärd leder till att utrymningen vid en brand i kommunikationsytan kan ske på ett säkert sätt för personer i bygganden. Ytterligare åtgärder är att så långt som möjligt hålla nere brandbelastningen i kommunikationsytan samt att bredda dörrarna i sportentrén då trycket på denna vid utrymning förväntas bli stort.

5.3.6 Generella åtgärder

Det finns framför allt två åtgärder som gäller generellt och som också bedöms vara av högsta prioritet för att personsäkerhet inom Frölunda Kulturhus skall kunna höjas till en fullgod nivå. Den första åtgärden är att brandlarmet kopplas till ett talat utrymningslarm, som skall vara förinspelat och på ett informativt sätt upplysa personer i bygganden om att en brand har uppstått och att de skyndsamt ombeds bege sig till närmsta utrymningsväg. Installation av ett talat utrymningslarm har potential att sänka den annars starkt fördröjande reaktion- och beslutstiden med över 2 minuter (Frantzich, 2000). För att få en uppfattning om vad detta skulle innebära i Frölunda Kulturhus med dagens förhållanden kan vissa av utrymningsscenarierna som beskrivs i kapitel 5 studeras. En fördröjningstid på 160 sekunder motsvarar talat utrymningslarm och en fördröjningstid på 310 sekunder motsvarar varning via larmklockor.

Den andra generella åtgärden är att organisationen på ett systematiskt sätt börjar arbeta med brandskydd. Systematiskt brandskyddsarbete (SBA) inbegriper bl.a. att utse ansvariga, göra inspektioner, följa upp och åtgärda brister samt att utbilda personalen i allmän brandkunskap, brandbekämpning och hur de ska uppträda under ett utrymningsförlopp. Systematiskt brandskyddsarbete syftar således till att både minska sannolikheten för att en brand skall uppstå och att skapa förutsättningar för att i händelse av en brand agera på ett sätt som minskar konsekvenserna på människor och byggnaden i sig.

Vidare är det av stor vikt att en grundlig inventering genomförs avseende befintligt brandskydd. För att överhuvudtaget kunna uppnå en bra personsäkerhet måste man veta vilket skydd som finns i dagsläget. Till exempel är det mycket relevant att veta vilka brandceller som finns. I dag finns det ingen tydlig indelning av byggnaden i brandceller. Detta måste ses över, dvs vilka väggar som kan utgöra brandcellsgränser eller vilka väggar som borde utgöra brandcellsgränser. Samtidigt med detta arbete måste det befintliga ventilationssystemet inventeras grundligt. Detta eftersom om en planerad brandcell har korrekta brandcellsgränser så är dessa till ingen eller liten nytta om brandcellens ventilationssystem även betjänar andra brandceller. Här föreligger alltså en del arbete som bör utföras inom en snar framtid. Ytterligare exempel på frågor som en inventering av brandskyddet bör kunna svara på är om reservkraften fungerar samt vilka funktioner denna driver och om roterdörren vid huvudentrén verkligen ställer sig i öppet läge (statiskt) vid strömbortfall? Arbetet med denna inventering är en del av det systematiska brandskyddsarbetet som verksamheten oavsett måste utföra så det bör kunna hanteras på ett relativt smidigt sätt.

Ytterligare en åtgärd, som starkt bör beaktas inom en nära framtid eller vid en större ombyggnation, är installation av en automatisk vattensprinkleranläggning i synnerhet i omklädningsutrymmen på plan 1 samt i kommunikationsytan. Denna åtgärd är krasst sett den enda åtgärd, som i tillräcklig utsträckning, skulle kunna förhindra tänkbara brandförlopp och därmed medföra en avsevärd förbättring av personsäkerhet i byggnaden. Resultaten av simulerade brandförlopp visar på kraftig brand- och brandgasutbredning i omklädningsutrymmen och i kommunikationsytan. För att fördröja tid till kritiska förhållanden i brandutsatta delar av dessa utrymmen är sprinkling det enda alternativet med tillräcklig verkan.

6 Slutsatser

Personssäkerheten i Frölunda Kulturhus bedöms, mot bakgrund av dimensionerande brand och utrymningsscenarion, ha allvarliga brister.

Resultaten visar på att personer i händelse av brand inom valda delar av byggnaden inte hinner utrymma lokalerna innan kritiska förhållanden uppstår. Resultaten bygger på *värsta troliga* scenarier, vilket innebär att sannolikheten för att branden utvecklas enligt simulerade förlopp och att personantalet samtidigt överensstämmer med det personantal som antagits i utrymningsanalysen, är låg men inte obefintlig. Vad som bör beaktas är att, trots en låg sannolikhet, visar resultaten på brister avseende personsäkerheten, som kan leda till allvarliga konsekvenser med skadade och/eller döda personer.

Frölunda Kulturhus är en offentlig inrättning med en mängd olika verksamheter och ett stort antal besökare. Det breda utbudet av verksamheter och lokalernas utformning ställer höga krav på möjligheten till säker utrymning. Krav som i dagsläget inte anses vara uppfyllda.

För att utrymning skall kunna ske på ett säkert sätt bör utrymningsstrategin bygga på enkelhet utan möjlighet till förvirring eller missförstånd. Utrymningsstrategin måste också ta hänsyn till hur människor tänker och handlar i utrymningsituationer, vilket i stor utsträckning sammanfaller med hur vi som människor tänker och handlar i normala situationer. Exempelvis kommer personer som använder huvudentrén då de besöker byggnaden troligtvis även använda huvudentrén i en utrymningsituation. En person som besöker badanläggningen kommer förmodligen att vilja ta med sig sina kläder och tillhörigheter då han eller hon ska lämna badet även i en utrymningsituation.

Utrymningsvägar och sträckan att ta sig dit måste således utformas så att de är tydliga och att det framgår vart de leder. De måste även vara så pass tilltalande att de väljs framför någon annan kanske längre eller mer ogynnsam väg ut ur byggnaden. Viktigt i sammanhanget och en avgörande faktor för att utrymning av Frölunda Kulturhus skall kunna ske på ett säkert sätt är personalens kunskap och agerande vid en eventuell utrymning.

Utifrån resultaten av denna brandtekniska riskvärdering har ett antal åtgärder förslagits för att höja nivån på personsäkerheten i valda delar av byggnaden. Dessa åtgärdsförslag listas nedan i den prioriteringsordning som författarna till rapporten anser lämplig med bakgrund av analyserade brand och utrymningsförlopp, med tillhörande subjektiva bedömningar. Åtgärderna är svåra att se i en självklar prioriteringsordning då de i vissa fall berör specifika delar av byggnaden och i andra är övergripande för hela byggnaden. Emellertid görs här ett förslag på prioritering som måste värderas med försiktighet. Åtgärder bör prioriteras enligt följande ordning:

- Systematiskt brandskyddsarbete inom organisationen Frölunda Kulturhus.
- Inventering och åtgärdande av brister i befintligt byggnadstekniskt brandskydd (brandcellsgränser, ventilation, reservström m.m.).
- Informativt, förinspelat talat utrymningslarm.
- Installation av automatisk vattensprinkleranläggning i omklädningsutrymmen på plan 1 samt i kommunikationsytan.
- Sektionering av korridor i kommunikationsytan plan 1.
- Ändra utrymningsstrategi i omklädning till badet, i simhallen samt i omklädning till sporthallen plan 1 och 2.
- Ytterligare utrymningsväg på golvnivå i sporthallen.
- Montera magnetupphängning till dörr till trappa mellan omklädning plan 1 och 2.

- Ordna utrymning direkt ut till sportcafé från simhall.
- Minska brandbelastning i kommunikationsytan.
- Utforma passager till kommunikationsytan från omklädning plan 1 som slussar.
- Bredda dörr i sportentrén.

7 Diskussion

Vid ett projekt av denna sort föreligger en del moment som kan bidra med osäkerheter till resultatet, exempelvis subjektiva bedömningar, förhållningssätt och osäkerheter i indata till datorprogram. Det uppkommer även en del intressanta funderingar omkring det objekt och den uppgift som rapporten syftade till att lösa. I detta kapitel diskuteras det viktigaste.

”Värsta troliga scenarier”- metodiken används i utvärderingen vilket bidrar till att göra resultaten negativa. Exempelvis har tider till kritiska förhållanden vid disco i sporthallen valts så att de ogynnsammaste erhållna tiderna använts vidare i utvärderingen av personsäkerheten. Dock skiljer det endast ca 50-100 sekunder mellan tid till kritisk höjd för de gynnsammaste och ogynnsammaste studerade scenarierna. Med tanke på den osäkerhet som finns i dessa resultat och med tanke på jämförelsen med erforderlig tid för utrymning bedöms personsäkerheten vara undermålig även om mer gynnsamma scenarier hade använts. Vid en mer nyanserad bild av olika möjliga brandförlopp och deras sannolikhet hade troligtvis personsäkerheten framstått som något mer positiv men ändå undermålig. Detta eftersom det vid riskvärdering bör utgå ifrån ett antal olika principer varav en är *undvikande av katastrofer*, vilket några av de i rapporten studerade scenarierna skulle kunna medföra.

I utvärderingen antas att utrymning inte kan ske efter det att kritiska förhållanden uppstått. Detta är en förenkling som medför att resultaten blir mer konservativa än vad verkligheten medför. Därför är det viktigt att observera att resultaten inte får tas ur sitt sammanhang, utan de måste förstås som att det exempelvis är dåliga siktförhållanden som uppstår och inte att alla kvarvarande personer omkommer. Emellertid är det mycket svårt att utvärdera personsäkerhet efter det att kritiska förhållanden uppstått eftersom det är svårt att säga hur människor kommer att reagera i sådana situationer samtidigt som det är svårt att klargöra hur kritiska de kritiska förhållandena är. Den begränsade kunskapen om människors beteende i sådana situationer är en anledning till varför tiden till kritiska förhållanden är av intresse i en utredning av detta slag samt en anledning till att det är viktigt att utforma brandskyddet så att personer i byggnaden ej utsätts för kritiska förhållanden.

Valet av dimensionerande maximal brandeffekt vid brand i sporthallen (disco) på 2 och 5 MW kan beskrivas som den ”sannolikt värsta maximala brandeffekten”. En enklare känslighetsanalys visade att en högre maximal effekt ej påverkar tiden till kritiska förhållanden. Dock är det viktigt att komma i håg att utrymning faktiskt pågår även efter tiden till kritiska förhållanden. Detta bortses ifrån i utvärderingen. Vid brand i kommunikationsytan användes en effekt på 6 MW vilket kanske kan anses vara stor, men efter diskussioner kring faktisk brandbelastning i detta utrymme valdes denna brand som den ”värsta troliga”.

Vid brand i omklädningsrummen till sporthallen valdes maximal effekt utifrån ventilationskontrollerade förhållanden vilket bedöms vara rimligt i denna typ av lokaler. Det är osäkert huruvida den beräknade maximala effekten motsvarar vad som maximalt är möjligt under ett brandförlopp med brandgaser i angränsande utrymmen. Vald maximal effekt bedöms emellertid representativ för det ”värsta troliga” scenariot.

Är det sannolikt att bränder i dessa lokaler når valda maximala effekter? Frågan är mycket relevant men har inget enkelt svar. Vid en brand i lokaler med exempelvis sporthallens karaktär, som är överblickbar, bör en eventuell brand kunna upptäckas relativt omgående och kanske även kunna bekämpas medan den är relativt liten. Detta gäller särskilt om verksamheten har en bra och fungerande organisation som utbildats och övat avseende

brand (SBA). I dagsläget är det svårt att bedöma nivån på den befintliga organisationen och därmed svårt att ta hänsyn till detta vid en utvärdering av personsäkerheten. Det bör dock observeras att det vid objektsbesöket visades en vilja och önskan om att genomföra förbättringar och att ta till sig den information om brandskydd som finns.

En annan faktor som ej tagits hänsyn till vid brandförloppen är brandspridning. Detta är visserligen inte helt sant eftersom det har tagits hänsyn till viss brandspridning då maximala effekter valts. Men i dagsläget är det svårt att simulera eller beräkna brandspridning med erforderlig noggrannhet varför detta ofta bortses ifrån vid utvärderingar av personsäkerhet. Trots att brandspridning ej beaktats fullt ut i denna utvärdering anses resultatet likväl vara så tillförlitligt att den kvalitativa värderingen av personsäkerheten ej bedöms påverkas.

De generella antaganden som gjorts för samtliga brandförlopp är att de följer sambandet αt^2 . Detta innebär att vid tidpunkten 0 börjar branden tillväxa. Självklart kan detta ifrågasättas eftersom detta sällan stämmer överens med verkliga brandförlopp, som oftast innefattar någon form av förbrinningstid. Vid vissa bränder är förbrinningstiden betydande eftersom det kan handla om flera minuter. Under denna tid kan branden upptäckas både av personer och av detektorer. Vid brandförloppen som utreds och redovisas i kapitel 3 medräknas inte förbrinningstiden eftersom den kan variera kraftigt och därmed är svår att beräkna. En annan anledning till att denna tid ej tas med är att anlagd brand bedöms vara en sannolik källa till uppkomst av brand i de studerade lokalerna. Vid anlagd brand är förbrinningstiden oftast betydligt kortare eftersom syftet är att i ett kort tidsperspektiv orsaka stor skada. Exempelvis kan tillförsel av en större mängd energi initialt naturligtvis medföra att branden får ”fäste” snabbare och därmed blir förbrinningstiden kortare.

Medvetenhet om osäkerheter i resultatet från simulering med FDS bidrar naturligtvis till att ett kritiskt förhållningssätt funnits till utdata. Emellertid anses resultaten efter utförd modellverifiering (bilaga C) vara användbara, vilket baseras på att förhållanden som beskrivs av utdata är rimliga för de scenarier som valts. De åtgärdsförslag som ges i rapporten är relevanta oavsett om utförda simuleringar är giltiga eller ej utifrån logiska resonemang och sunt förnuft. Till exempel är ett åtgärdsförslag att en magnetupphängning bör monteras vid dörren till trappan som leder från omklädningsrummen till sporthallen så att denna inte hålls öppen med dörrkil. Detta förslag är baserat delvis på de simuleringar som genomförts och delvis på subjektiva bedömningar vilka kunde göras innan simulering utfördes. Läsaren bör vara införstådd med att simuleringar gjorda med FDS och CFAST endast är hjälpmedel vid utvärderingen av personsäkerheten och att det är ingenjörsmässiga bedömningar som är det huvudsakliga verktyget.

Vid utrymningsanalysen har varseblivningstiden varit antingen noll eller sextio sekunder. Grund för detta är att det för samtliga scenarier framgick att branden sannolikt skulle vara upptäckt inom 60 sekunder. Detta baseras på att det vid en brand i kommunikationsytan eller omklädningsrummen till sporthallen skulle ta ungefär 60 sekunder att detektera branden. Inom dessa 60 sekunder är det inte orimligt att personer upptäcker branden visuellt. Vid en brand i sporthallen är riktigheten i detta resonemang antagligen än större eftersom lokalen är överblickbar. För de som anser att antagandet att branden, i samtliga scenarier, upptäcks inom 60 sekunder är för snävt bör det nämnas att det vid samtliga scenarier har bortsetts ifrån förbrinningstiden. Förbrinningstiden är som tidigare nämnts svår att beräkna men kan i många fall bidra till upptäckt, antingen visuellt eller via rökdetektor, innan branden fått ”fäste”. Oavsett kan det nämnas att resultaten likväl påvisar en bristande personsäkerhet i dessa lokaler vilket en längre varseblivningstid enbart skulle förstärka. Resultatet beror alltså i detta fall ej på denna parameter.

8 Referenslista

- Abrahamsson M., *Scenariotänkande vid brandsyn – utrymning av samlingslokaler*, Räddningsverket, 1998
- Andersson B., m fl., *Brandteknisk utvärdering av Norrportskolan i Ystad*, Brandteknik, LTH, Lund, 1994
- Backvik m.fl., *En handbok om brandskyddsteknik för ventilationssystem*, Brandskyddslaget, Stockholm, 1996
- Brandskyddsbandboken -En handbok för projektering av brandskydd i byggnader*, Rapport 3117, Brandteknik, LTH, Lund, 2002
- Bukowski R.W. och Averill J.D., *Methods for predicting smoke detector activation*. Building and Fire Research Laboratory. National Institute of Standards and Technology. Gaithersburg, 1998
- Fallqvist K., m.fl., *Brandskydd i Boverkets byggregler*, Svenska brandförsvarsföreningen, 2002
- Forney P. m.fl., *User's Guide for Smokeview*, Version 3.0. National Institute of Standards and Technology, 2002
- Frantzich H., *Tid för utrymning vid brand*, Brandteknik, LTH, Räddningsverket, 2001
- Holm D., Johansson P.G., *CFD-modellering och fullskaleförsök av brandgasventilation*, LTH, 2002
- Karlsson B. och Quintiere J.G., *Enclosure Fire Dynamics*, CRC Press USA, 1999
- McGatta B. m.fl., *Fire Dynamics Simulator*, version 3. Technical Reference Guide. National Institute of Standards and Technology, 2003b
- McGatta, B. m.fl., *Fire Dynamics Simulator*, User's Guide, version 3. National Institute of Standards and Technology, 2003a
- Ondrus J., *Brandförlopp*, Brandteknik, LTH, Lund, 1990
- Peacock, R. D., Reneke, P. A., Jones, W. W., Bukowski, R. W., Forney, G. P., *A users guide for FAST. Engineering tools for estimating fire growth and smoke transport*, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, 2000
- Räddningstjänsten Stor Göteborg, utdrag ur IKAROS insatsrapporter, 1/1-00 och framåt
- SBF, *Regler för automatisk Brandlarmanläggning*, SBF 110:6, Svenska Brandförsvarsföreningen, 2001
- SFPE - *Handbook of Fire Protection Engineering*, 3rd edition", NFPA, 2002
- Stroup, D.W., *Detact T2*, Version 1.0. National Institute of Standards and Technology, 1985
- Thompson P., *Simulex manual*, version 1.2.. University of Ebinburgh, 1996

www.goteborg.se/statistiskarsbok, 2003

www.vartgoteborg.se/prod/sk/vargotnu.nsk/1/kultur_o_fritid,nyinvigning_av_frölunda_kulturhus 13/11-03

www3.goteborg.se/ekonomi/arsbok02/sdnfrölunda.html 15/11-03
Räddningsverket, Räddningstjänst i siffror, Karlstad, 2003

Bilaga A – Grovanalys avseende brand

Initialt utfördes en grovanalys för att välja ut de scenarier som är av störst intresse. De scenarier som valdes ut var brand i kommunikationsytan, brand i omklädningsrummen till sporthallen samt brand i sporthallen. Nedan redovisas de delar av byggnaden som beaktats.

Scenarierna värderas endast inbördes

Sannolikhetsvärdering: 1=Mkt liten; 2=Liten; 3=Medel

4=Stora; 5=Mkt stora

Konsekvensvärdering med avseende på hälsoeffekter: 1=Små; 2=Lindriga; 3=Medel 4=Stora;

5=Mkt stora

Del av byggnad	Scenario	Möjliga orsaker	Konsekvenser	Riskvärdering		Kommentar
				Sannolikhet	Konsekvens	
Bibliotek	Brand i bokhylla	Anlagt	Utrymning av södra delen av byggnaden	1	3	Då det finns goda möjligheter att utrymma denna lokal anses detta scenario inte högprioriterat.
	Bombhot	Missnöjd kund	Utrymning	1	2	

Del av byggnad	Scenario	Möjliga orsaker	Konsekvenser	Riskvärdering		Kommentar
				Sannolikhet	Konsekvens	
Kommunikationsytan	Brand i papperskorg	Cigarettfimp	Del av kommunikationsytan ej brukbara vid utrymning	2	2	Då detta scenario får mycket stora konsekvenser är det en hög prioritet på dessa ytor.
	Brand i lagrad scen under trappa	Anlagd	Livsfara	1	5	

Del av byggnad	Scenario	Möjliga orsaker	Konsekvenser	Riskvärdering		Kommentar
				<i>Sannolikhet</i>	<i>Konsekvens</i>	
Stora samlingslokalen	Brand i papperskorg	Cigarettfimp	Utrymning	2	2	Utrymningsmöjligheterna bedöms goda i förhållande till personantal och verksamhet. Därav bedöms detta scenario inte som högprioriterat.
	Brand i stol	Cigarettfimp	Utrymning	2	3	

Del av byggnad	Scenario	Möjliga orsaker	Konsekvenser	Riskvärdering		Kommentar
				<i>Sannolikhet</i>	<i>Konsekvens</i>	
Simhall	Brand i bastu	Hög temperatur, trä börjar pyrolysera	Livsfara	2	5	Då konsekvenserna vid detta scenario kan påverka många anses det högprioriterat.

Del av byggnad	Scenario	Möjliga orsaker	Konsekvenser	Riskvärdering		Kommentar
				<i>Sannolikhet</i>	<i>Konsekvens</i>	
Omkädningsrum till sporthall	Brand i omklädningsrum	Anlagt	Livsfara	2	5	Utrymningsvägarna kan snabbt bli rökfyllda och utrymningen blir komplicerad. Detta scenario bedöms högprioriterat.

Del av byggnad	Scenario	Möjliga orsaker	Konsekvenser	Riskvärdering		Kommentar
				<i>Sannolikhet</i>	<i>Konsekvens</i>	
Sporthallen	Brand i scen vid diskotek	Kortslutning	Livsfara	2	5	Då det är många som skall utrymma i förhållande till rådande utrymningsmöjligheterna anses detta scenario högprioriterat.

Del av byggnad	Scenario	Möjliga orsaker	Konsekvenser	Riskvärdering		Kommentar
				<i>Sannolikhet</i>	<i>Konsekvens</i>	
Lilla sporthallen.	Brand i anslutande rum	Anlagd brand	Utrymning	2	3	Utrymningsvägarna i förhållande till personalantal anses tillfredställande. Detta scenario anses inte högprioriterat.

Del av byggnad	Scenario	Möjliga orsaker	Konsekvenser	Riskvärdering		Kommentar
				<i>Sannolikhet</i>	<i>Konsekvens</i>	
Tandklinik	Brand i el-utrustning	Kortslutning	Utrymning	1	3	Med avseende på korta utrymningsvägar anses säkerheten vara tillfredställande här. Detta scenario är inte prioriterat.
	Brand i arbetsrum	Anlagd brand	Utrymning	1	3	

Del av byggnad	Scenario	Möjliga orsaker	Konsekvenser	Riskvärdering		Kommentar
				<i>Sannolikhet</i>	<i>Konsekvens</i>	
Lilla samlingslokalen	Brand i utrymningsväg	Anlagd brand	Utrymning	1	3	Utrymningsmöjligheterna bedöms goda i förhållande till personantal och verksamhet. Detta scenario bedöms inte vara högprioriterat.
	Brand i lokalen	Antändning i spotlight	Utrymning	1	3	

Bilaga B – Modellverifiering av tvåzonsmodell - FAST

Tvåzonsmodellen bygger på en mängd antaganden och förenklingar som bidrar till vissa osäkerheter i erhållna resultat. Modellen är dock ett bra verktyg vid analytisk dimensionering om den används på rätt sätt och vid lämpliga problem. Den teori som tvåzonsmodellen bygger på medför att det finns vissa förhållanden och scenarier som modellen inte kan beskriva på ett tillfredställande sätt. Nedan följer en beskrivning av dessa begränsningar och det utförs en kontroll och bedömning av modellens giltighet i denna utredning.

Begränsningar för tvåzonsmodellen

Här beskrivs och diskuteras ett antal typiska begränsningar för tvåzonsmodellen.

Svag brand i stort utrymme

En alltför svag brand i ett stort utrymme leder till att brandgasernas termiska stigkraftreduceras omgående. Därmed kan ingen klar skiktning mellan den övre varma brandgaszonen och den undre kalla brandgasfria zonen erhållas. Olika fenomen som t.ex. ett brandgasfritt skikt ovanför brandgaszonen kan bildas och beräkningar avseende brandgasventilation blir felaktiga. (Karlsson m.fl., 2002)

Stor brand i litet utrymme

Om en brand är mycket stor i förhållande till rumsvolymen är en tvåzonskiktning ej trolig. Detta beror på att stor turbulens kan uppstå och därmed bildas en väl blandad zon istället för en tvåzonsskiktning. Om en stor brand uppstår i ett rum med låg takhöjd kommer flammorna att breda ut sig i taket, detta klarar modellens plymekvationer i stor utsträckning men osäkerheterna ökar och så småningom upphör giltigheten. (Karlsson m.fl., 2002)

Rumsgeometri

Rumsgeometrin bör hållas relativt kubisk. Förhållanden mellan längd, bredd och höjd bör ej överstiga 3. Annars kan situationer uppstå i verkliga bränder som tvåzonsmodellen inte klarar att återge på ett riktigt sätt. Exempelvis vid brand i rum där golvarean är stor i förhållande till rumshöjden. Då skickar tvåzonsmodellen upp brandgaserna i tak och sprider ut dem direkt över hela takytan medan det i verkligheten går betydligt långsammare samt att brandgaserna i större utsträckning håller sig i brandens närhet. (Karlsson m.fl., 2002), (Brandskyddshandboken 2002)

Fiktiva rum

Vid tvåzonsmodellering delas utrymmet in i ett antal kontrollvolymer, vilka antas ha enhetlig temperatur och sammansättning. Lokalen delas därför in i mindre fiktiva rum vid simulering. Detta för att få en bättre beskrivning av skillnader i temperatur och sammansättning i olika delar av lokalen.

Bedömning av tvåzonsmodellens giltighet

Använt datorprogram CFAST är sparsamt validerat för stora rumsvolymer, vilket medför att resultaten kan ifrågasättas. Nedan görs beräkningar och bedömningar av relevanta parametrar för att kontrollera att dimensionerande förutsättningar av problemet inte faller utanför modellens giltighetsområde. Rumsmåtten som anges gäller för den fiktiva rumsindelning som gjorts.

Största förhållandet mellan rumsdimensioner längd och bredd:

$$\frac{l}{b} = 1.4$$

Största förhållandet mellan rumsdimensioner längd och höjd:

$$\frac{l}{h} = 1.6$$

Flammornas medelhöjd:

För alla scenarier beräknas respektive brandbasdiameter utifrån den tidpunkt där maximal effekt uppnåtts och utifrån antagandet att maximal effektutveckling är 500 kW/m² vilket motsvarar en brandbasdiameter på ca 3.6 meter för 5 MW-brand och ca 2.3 meter för 2 MW-brand. Beräkningarna görs för att undersöka brandens storlek i förhållande till rumsgeometrierna.

$$L_{f5MW} = 0.235 \times (Q \cdot)^{\frac{2}{5}} - 1.02 \times D = 3.4 \text{ meter} \quad (\text{Karlsson m.fl., 2002})$$

$$L_{f2MW} = 0.235 \times (Q \cdot)^{\frac{2}{5}} - 1.02 \times D = 2.6 \text{ meter} \quad (\text{Karlsson m.fl., 2002})$$

Där:

L = Rummets längd [m]

W = Rummets bredd [m]

H = Rummets takhöjd [m]

L_f = Flammhöjd [m]

Q = Brandens maximala effekt [kW]

D = Brandens diameter [m]

För kvoten l/b blir största förhållandet 1.4 och för kvoten l/h blir förhållandet 1.6. Dessa förhållanden bedöms falla inom det område som modellen är validerad för.

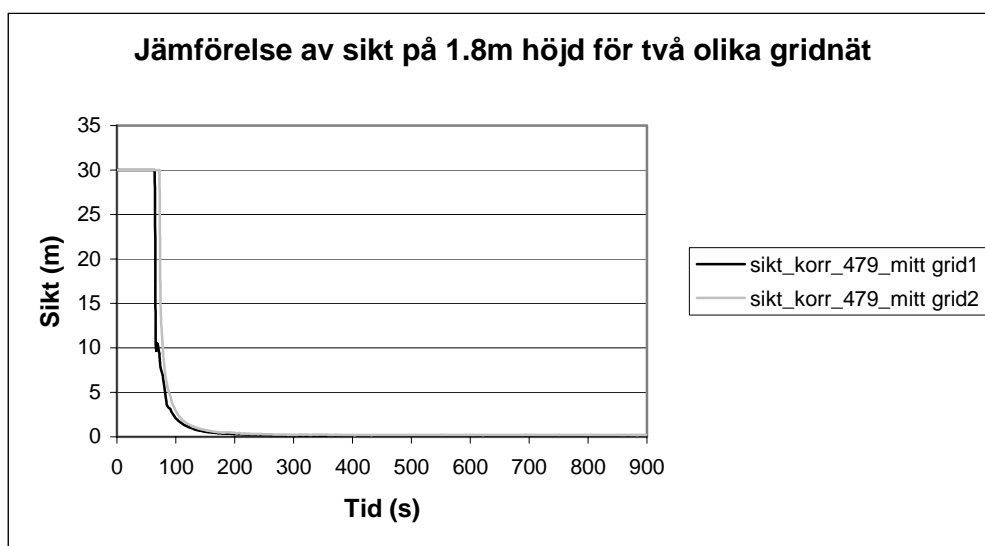
Beräkningarna av förhållanden mellan rumsdimensioner, samt beräkning och bedömning av flammornas egenskaper i dessa lokaler leder till bedömningen att tvåzonsmodellen är applicerbar vid analys av problemet.

Bilaga C – Modellverifiering FDS 3.1

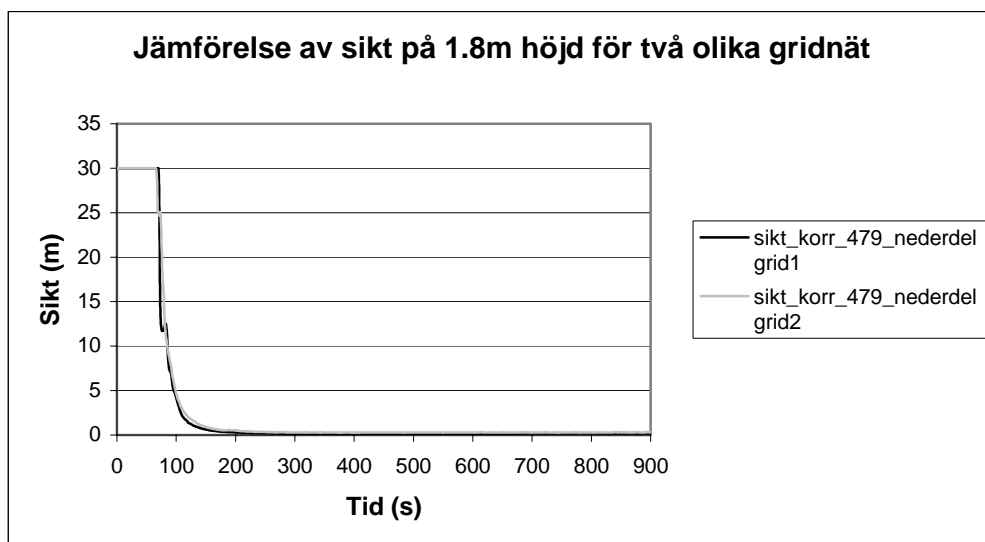
Datorprogram av typen FDS 3.1 - CFD-modell (McGatta m.fl., 2002a), är bra verktyg vid analytisk dimensionering. Dock är de inte alltid validerade för vissa scenarion. Men om programmen används på lämpligt sätt och om användaren innehar tillräcklig kompetens inom området branddynamik kan bra och värdefulla resultat erhållas från simuleringar. Dock måste en analys och granskning göras. Granskningen bygger till stor del på användarens goda omdöme och förståelse för olika parametrar vid ett brandscenario.

Gridstorlek

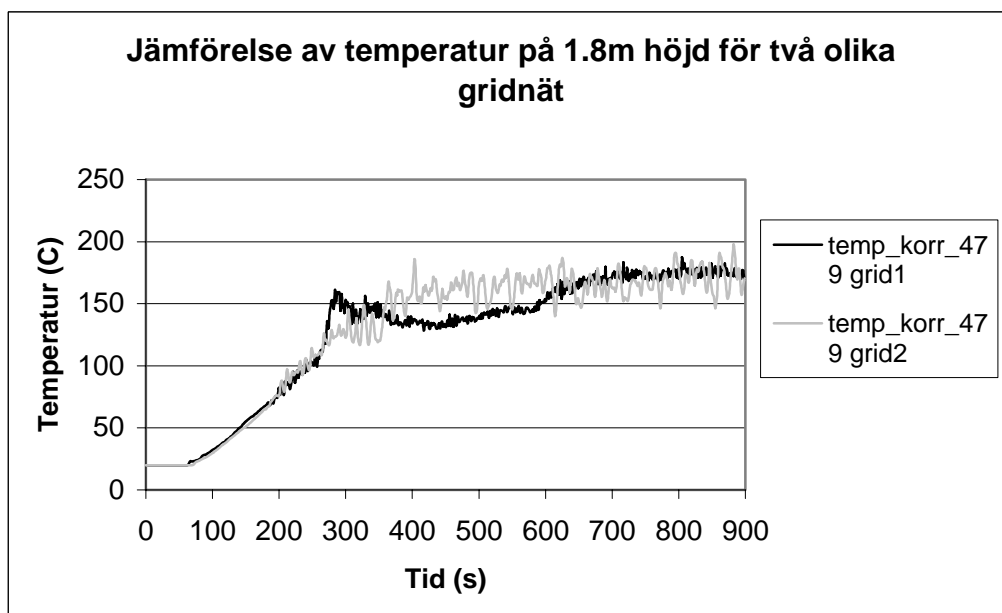
Om resultaten från två simuleringar överensstämmer kan vald gridstorleks påverkan på resultatet försummas. Ett av scenarierna, *brand i omklädningsrummen till sportbollen* har valts ut för granskning av gridstorleken påverkan på resultatet. De slutsatser som dras kring gridstorleken påverkan på resultaten i det utvalda scenariet generaliseras till övriga scenarier.



Figur C.1 Jämförelse av siktförhållanden vid simuleringar med cellsidor om 20 (grid 1) respektive 40 centimeter (grid 2) i mittpartiet i korridor 479.



Figur C.2 Jämförelse av siktförhållanden vid simuleringar med cellsidor om 20 (grid 1) respektive 40 centimeter (grid 2) i den del av korridor 479 som är närmst kommunikationsytan.



Figur C.3 Jämförelse av temperaturförhållanden vid simuleringar med cellsidor om 20 (grid 1) respektive 40 centimeter (grid 2) i mittpartiet i korridor 479.

Jämförelse av resultat från simuleringarna med olika gridstorlek visar på att siktbarheten (se figur C.1 och C.2), som blir dimensionerande i scenariot *brand i omklädningsrummen till sporthallen* såväl som i övriga scenarier, endast skiljer sig försumbart. Resultaten från scenariot *brand i omklädningsrummen till sporthallen* kan därför anses gridnätsoberoende utifrån en beräkning av siktbarhet. Vid en liknande jämförelse av temperaturutvecklingen (figur C.3) stämmer resultaten väl överens fram till cirka 260 sekunder, därefter skiljer sig resultaten något. Detta tros bero på att FDS 3.1 automatiskt justerar byggnadsdelar vid förändringen av gridnätstorleken (från 20 till 40 centimeter). I fallet *brand i omklädningsrummen till sporthallen* innebär detta att branden, som modellerats på samma sätt som en byggnadsdel justerats så att ovansidan på det ena föremålet som brinner försvunnit. Det som tidigare var ett rätblock med brinnande ovansida och sidor har gjorts om till ett plan med brinnande sidor, men utan

ovansida. En effekt på 0.4 MW har gått förlorad eftersom effektutvecklingen angivits per ytenhet. Resultatet för temperaturförhållandena stämmer således bra fram till att branden närmar sig full effekt (för grid 1 3.4 MW och för grid 2 3.0 MW).

Viktigt att betänka är även att branden ej modelleras verkligt eftersom gridstorlekar om 10-20 centimeter ej kan förväntas beskriva de komplexa reaktioner som sker i förbränningen. Av intresse är dock framförallt huruvida effektutvecklingen motsvarar den produktion av brandgaser och de temperaturer som ett brandförlopp i utrymmena motsvarar. Vidare diskussion kring detta förs nedan under rubriken effektutveckling.

Enligt McGatta m.fl. (2003a) bör beräkningsceller vara relativt kubiska. I samtliga scenarier används kubiska celler vilket innebär att numeriska fel inte kommer att uppstå på grund av beräkningscellernas sidförhållanden.

Flöden genom öppningar

Om ventilationsöppningar ut till det fria placeras i domängräns bör dessa undersökas så att flöden genom öppningarna modelleras rätt och ej påverkar erhållet resultat. Då inga gridceller finns utanför öppningen finns heller inga fysikaliska förändringar utanför öppningen, vilket kan påverka flödet. I simuleringarna har öppningar till det fria aldrig placerats i direkt närhet till bränderna vilket gör att flöden genom öppningar till det fria endast bedöms medföra en försumbar påverkan på resultatet.

Modellerad brand

Den dimensionslösa effekten Q^* som beräknas enligt nedan bör inte överstiga 2.5 vid modellering av termiskt drivna bränder i CFD modeller (SFPE, 2002). Ett högre värde på Q^* medför förhållanden som gäller för jetflammar.

$$Q^* = \frac{Q}{\rho_a \cdot c_p \cdot T_a \cdot D^2 \sqrt{gD}}$$

där

$$\rho_a = 1.2 \text{ kg / m}^3$$

$$c_p = 1.0$$

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

D = Karakteristisk branddiameter (meter)

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

Tabellen nedan redovisar beräknade värden på Q^* för de två scenarierna. I samtliga fall understiger Q^* 2.5.

Scenario	D	Q^*
Kommunikationsyta	5.53	0.076
Omklädnings sporthall	4.16	0.087

Tabell C.1 Redovisning av beräknade Q^* för de tre scenarierna.

Parametrar

Utdata från genomförda simuleringar måste granskas så att fysikaliska storheter har värden som motsvarar verkliga förhållanden. Parametrar som hastighet, temperatur, tryck, densitet bör granskas.

Hastighet

Det av stor vikt att hastigheter på flödande luft och brandgaser kontrolleras så att inte orimliga värden erhålls i simuleringen. I simuleringarna uppnås maximala hastigheter i öppningarna till det fria. Storleken på maximala hastigheter ligger i spannet 3-4 m/s vilket anses rimligt.

Temperatur

I förbränningsregionen överstiger temperaturen sällan 1300 grader C. Om temperaturer i storleksordningen 2000 grader C uppnås vid simulering bör resultaten starkt ifrågasättas. Erfarenheter visar på att osäkerheten i beräkningen av temperaturer ligger mellan 10-30 % (Holm m.fl., 2002), (McGatta m.fl., 2003b). I simuleringarna har temperaturmätningar gjorts i förbränningsregionen för samtliga bränder och temperaturer över 1300 grader C uppstår inte i något scenario.

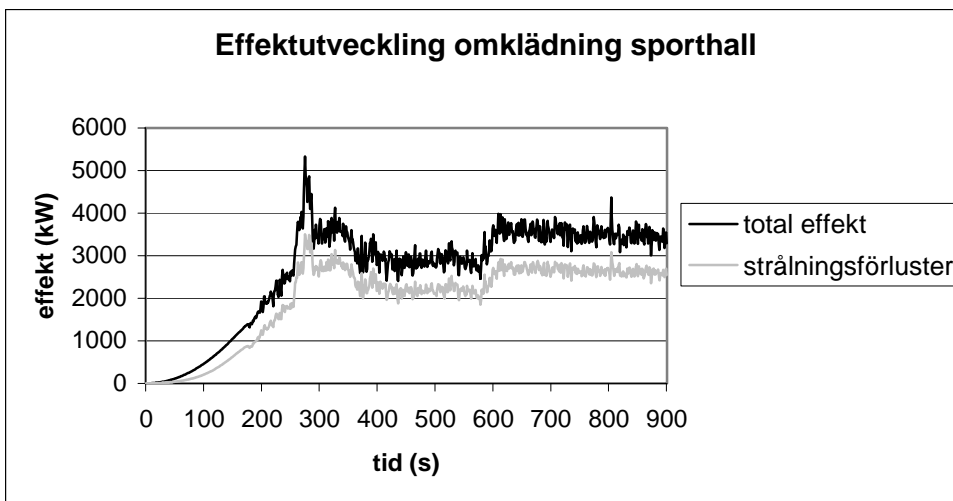
Tryck och densitet

Parametrarna tryck och densitet är direkt kopplade till temperaturen. Inga onormala förhållanden har observerats vid studier av utdata.

Effektutveckling

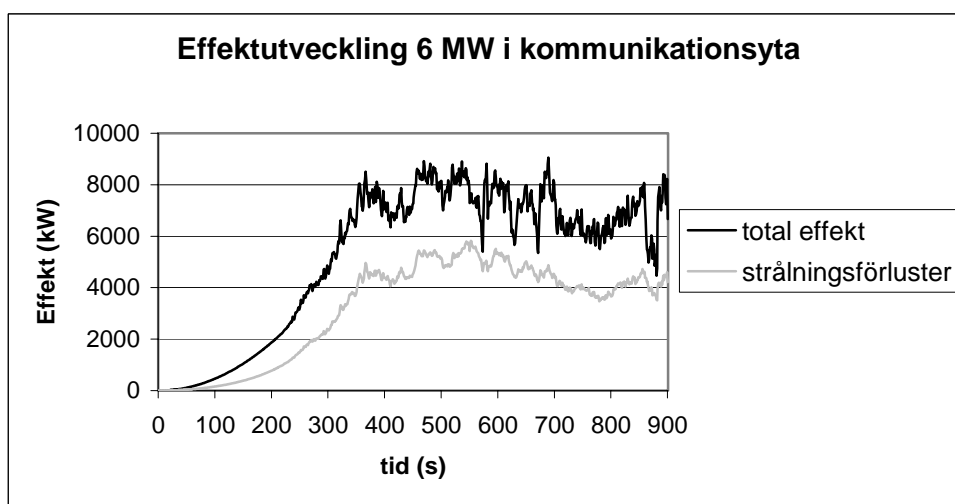
Effektutvecklingen över tiden är det sista som studeras för att verifiera resultaten från FDS 3.1. Dels studeras om effektutvecklingen motsvarar den som önskades vid modelleringen och dels studeras strålningsförlusterna vid förbränningen. Strålningsandelen ligger för de flesta material mellan 20 % och 40 % av den totalt frigjorda värmeenergin (Brandskyddshandboken, 2002).

Vid scenariot brand i omklädningsrummen till sporthallen önskades en brand med en maximal total effektutveckling på 3.4 MW och att denna skulle vara konstant efter 269 sekunder. Som synes i figur C.4 överensstämmer utdata på total effektutvecklingen med vad som avsågs att modellera med ett undantag. Ungefär vid tiden för maximal effektutveckling erhålls högre effekter än avsett. Detta beror förmodligen på att oförbrända gaser som läckt ut i korridorerna avgivet momentan effekt. Efter detta "hopp" i effektkurvan kan branden anses konstant kring ett genomsnittligt värde av 3.4 MW. Orsaken till att effektkurvan ej blir precis som önskat kan vara att brandens maximala effekt var satt för att undvika ventilationskontrollerade förhållanden och då öppningarna som användes för beräkning av detta värde ej leder till det fria kan denna typ av förhållanden ändå ha uppstått under en kortare tid.



Figur C.4. Effektutveckling i scenariot brand i omklädningsrummen till sporthallen.

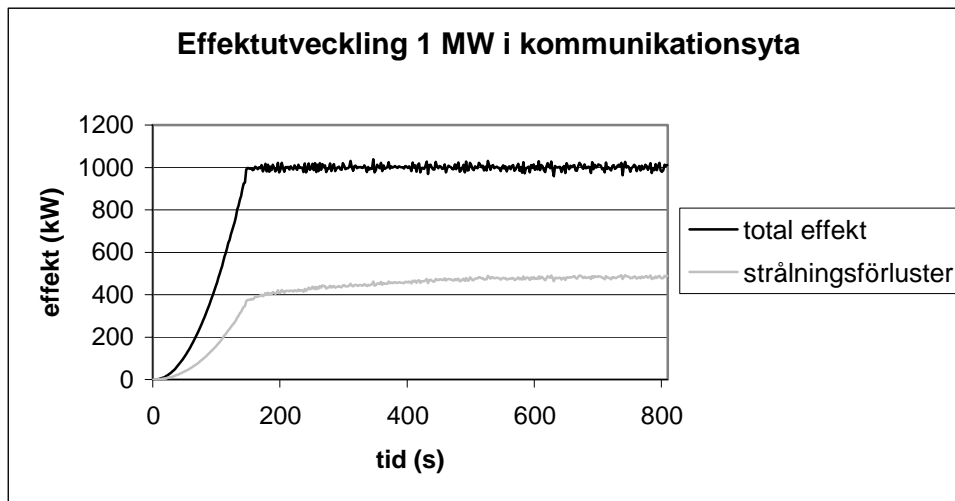
Då strålningsförlusterna studeras i figur C.4 uppstår däremot förhållanden som kan betecknas ovanliga. Strålningsförlusterna är väldigt höga, uppskattningsvis mellan 70-80 %. En förklaring till detta är antagligen att takhöjden i omklädningsrummet är så låg att flammor breder ut sig i taket och att flamytan således blir mycket större än om förbränningen skett i ett utrymme med högre takhöjd än tänkbar flammhöjd. Samma förhållanden gäller även för scenariot *stor brand i kommunikationsytan* (se figur C.5), men inte för ett scenario med en *mindre brand i kommunikationsytan* (se figur C.6). Vid verifieringen har en mindre brand i kommunikationsytan (1 MW att jämföra med 6 MW) simulerats och effektandelen strålning är i detta fall drygt 40 %, vilket överensstämmer med förhållanden för fritt brinnande material.



Figur C.5 Effektutveckling i scenariot stor brand i kommunikationsytan.

I scenariot med den mindre branden i kommunikationsytan motsvarar den totala effektutvecklingen exakt vad som var för avsikt att modellera. Vid den större branden uppstår dock större effektutveckling än vad som önskats och någon förklaring till detta kan ej uppbringas, vilket medför vissa osäkerheter med avseende på resultatens giltighet. Den oönskade maximala effektutvecklingen uppstår dock i ett relativt sent skede (efter drygt 300

sekunder) i simuleringen, varför resultaten fram till detta bedöms vara baserade på önskad effektutveckling.



Figur C.6. Effektutveckling i scenariot mindre brand i kommunikationsytan.

Slutsatsen av studerade strålningsförluster är således att större bränder i utrymmen med låga takhöjder medför en avsevärd högre andel strålningseffekt av den totala effektutvecklingen än vid fritt brinnande material på grund av den ökade flammytas som förbränning längs taket medför.

Slutlig bedömning

Verifieringen av utförda simuleringar påvisar en viss osäkerhet på resultatens giltighet. Det är särskilt de simulerade effektutvecklingarna och strålningsförluster som ej överensstämmer på ett fullgott sätt med de angivna. Även om resultatens giltighet ej kan säkerställas så bedöms ändå resultaten från FDS 3.1 vara användbara eftersom de speglar de förhållanden som bedöms troliga i dessa typer av lokaler. Ur ett branddynamiskt perspektiv är använda resultat rimliga och anses därför kunna vara en del till ett underlag för en kvalitativ värdering av personsäkerheten i studerade lokaler.

Bilaga D – Modellverifiering Simulex

I denna bilaga görs en jämförelse mellan simulerade och handberäknade evakueringstider i syfte att visa på rimligheten i genomförda simuleringar. Handberäkningarna bygger på enkla samband samt antaganden om gånghastighet och personflöden genom dörrar framtagna vid olika försök (Brandskyddshandboken, 2002). I de fall skillnaden överstiger 20 % kommenteras detta, i övriga fall görs bedömningen att simulerade evakueringstider stämmer väl överens med tider för evakuering i verkliga sammanhang och att skillnaden ligger inom beräkningsmodellernas osäkerhet.

Handberäkning

Evakueringstiden beräknas enligt nedanstående antaganden och samband (Brandskyddshandboken, 2002).

Personflödet genom en utrymningsväg antas till:

- 1 personer/ms genom en dörr

Evakueringstiden genom en utrymningsväg beräknas med sambandet:

$$t_e = \frac{N}{B \times F}$$

Där:

t_e = Evakueringstid [s]

N = Antalet personer

F = Personflödet [pers./ms]

B = Total dörrbredd [m]

Hastigheten med vilken folk förväntas förflytta sig antas till:

- 1.2 m/s för personer utan rörelsehinder
- 0.4 m/s för personer med rörelsehinder

Den maximala gångsträckan uppskattas till 50 m.

Gångtiden till en utrymningsväg beräknas med sambandet:

$$t_e = \frac{L}{S}$$

Där:

t_e = Gångtid [s]

L = Gångsträcka [m]

S = Hastigheten med vilken folk förväntas förflytta sig [m/s]

Jämförelse av resultat

Scenario Nr/Beskrivning	Evakueringstid Simulex	Evakueringstid enligt handberäkning (längsta tid)	Skillnad i sekunder (Handräknat värde - Simulerat värde)	Procentuell skillnad
1a - Badanläggning 300 personer 80% ut genom sportentré.	243 s	208 s	-35 s	- 14 %
1b - Badanläggning 300 personer, 80% direkt ut i det fria.	233 s	278 s	+45 s	+ 19 %
2a - Sporthall (disco) 500 personer	266 s	250 s	-16 s	- 6 %
2b - Sporthall (disco) 500 personer	243 s	417 s	+174 s	+ 70 %
3a - Sporthall och omklädning plan 2, 300 personer	120 s	167 s	+47 s	+ 40 %
3b - Omklädning sporthall plan 1, 150 personer	84 s	125 s	+41 s	+ 49 %
4a - Sporthall sportevenemang 400 personer	273 s	208 s	-65 s	- 24 %
4b - Sporthall sportevenemang 400 personer	301 s	167 s	-134 s	- 45 %
5a - Hela byggnaden 1000 personer	351 s	333 s	-18 s	- 5 %
5b - Hela byggnaden 1600 personer	424 s	500 s	+176 s	+ 18 %

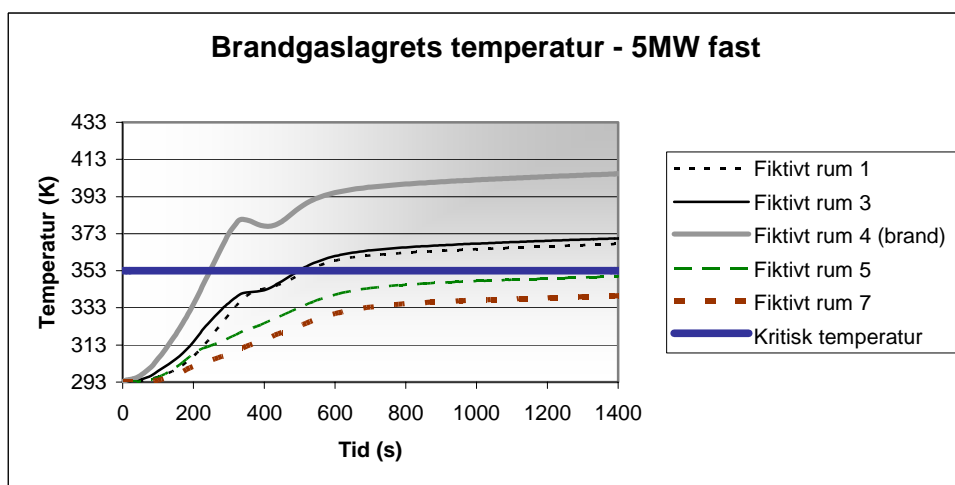
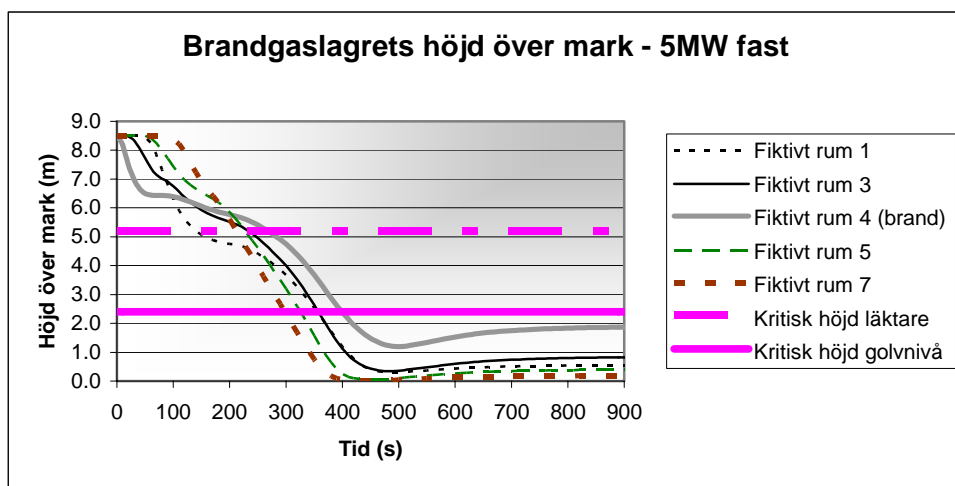
Tabell D.1. Jämförelse mellan simulerade och handberäknade evakueringstider.

Kommentarer till jämförelsen

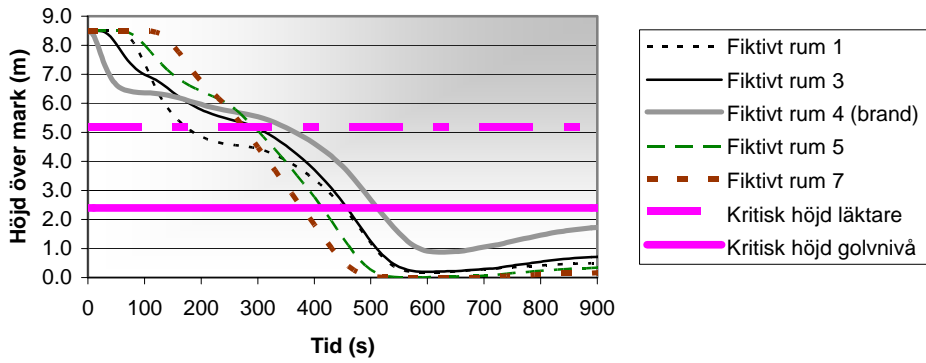
- Vid scenario 2b, som relaterar till 500 personer i sporthallen och utrymning genom en 1.2 m bred dörr, blir utrymningstiden drygt 2.5 minuter längre enligt handberäkning. Anledningen i detta fall är att personflödet genom dörren är större vid simulering. Även om antaget personflöde vid handräkning anses konservativt är det viktigt att poängtera att simuleringen i Simulex inte tar hänsyn till det tryck på utrymningsvägen som uppstår vid köbildning och som kraftigt kan sänka personflödet genom dörren. Slutsatsen är att det handberäknade värdet i större utsträckning överensstämmer med ett verkligt utrymningsförlopp. Bedömningen att personsäkerheten vid discoverksamhet i sporthallen är undermålig, förstärks således ytterligare.
- Vid Scenario 3b sker utrymningen relativt snabbt både vid handräkning och vid simulering. Problemet i omklädningsrum plan 1 är i första hand inte långa utrymningstider utan snarare den snabba brandgasutbredningen, vilket medför att personer inte hinner ut innan kritiska förhållanden uppstår. Detta framgick i brand och utrymningsanalysen. Bedömningen att personsäkerheten i denna del av bygganden är undermålig förstärks även här av kompletterande handberäkningar.
- Scenario 3a leder enligt handberäkningar till 40 % eller 47 s längre utrymningstid jämfört med motsvarande simulering. Även i detta fall förändras inte bedömningen av personsäkerheten som redan i brand och utrymningsanalysen påvisades som undermålig.
- Scenario 4a och 4b, vilka relaterar till utrymning av sporthall vid ett sportevenemang, leder enligt handberäkningar till mellan 24 och 45 % kortare utrymningstider. Anledningen till detta är i viss utsträckning att simuleringen tar hänsyn till den höjdskillnad som finns mellan högsta läktarnivå och golvnivå, vilket leder till något längre och mer verklighetstroga utrymningstider. Dock bedöms personsäkerheten vid denna typ av verksamhet i sporthallen som undermålig även vid 45 % kortare utrymningstider.

Bilaga E – Resultat för brandfölopp i sporthall – CFAST

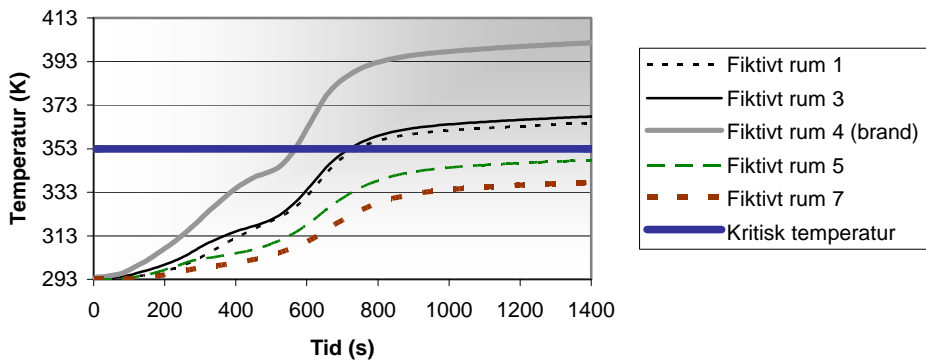
Resultat för samtliga scenarier vid brand i fiktivt rum 4



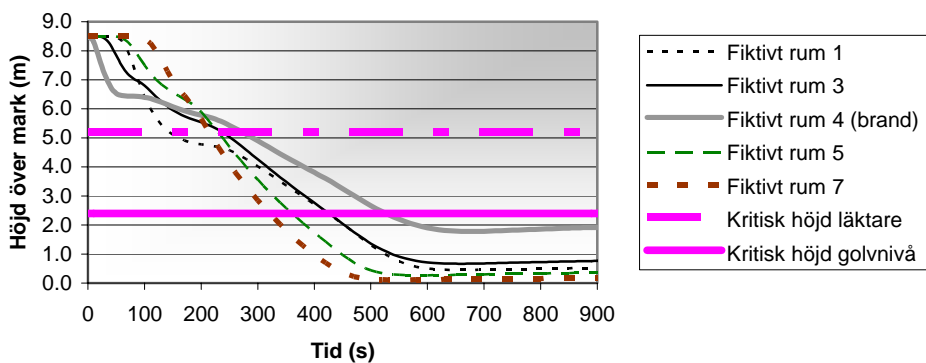
Brandgaslagrets höjd över mark - 5MW medium

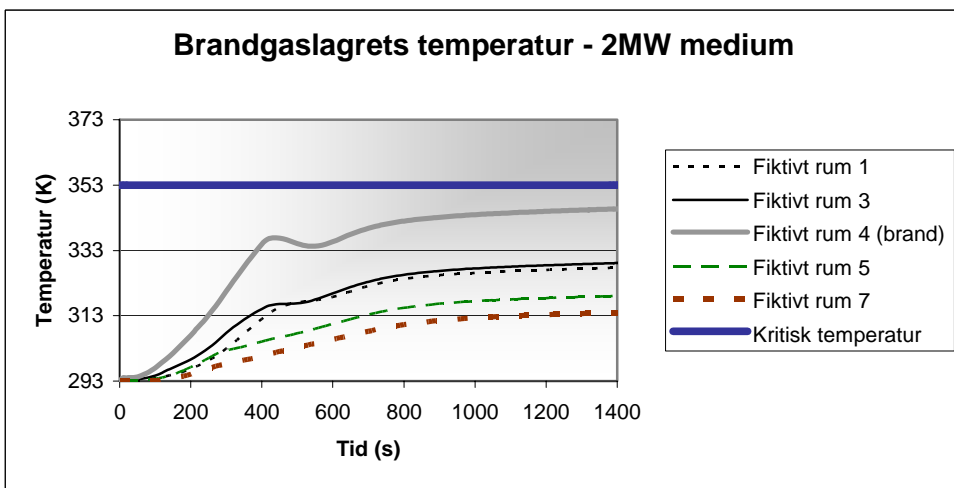
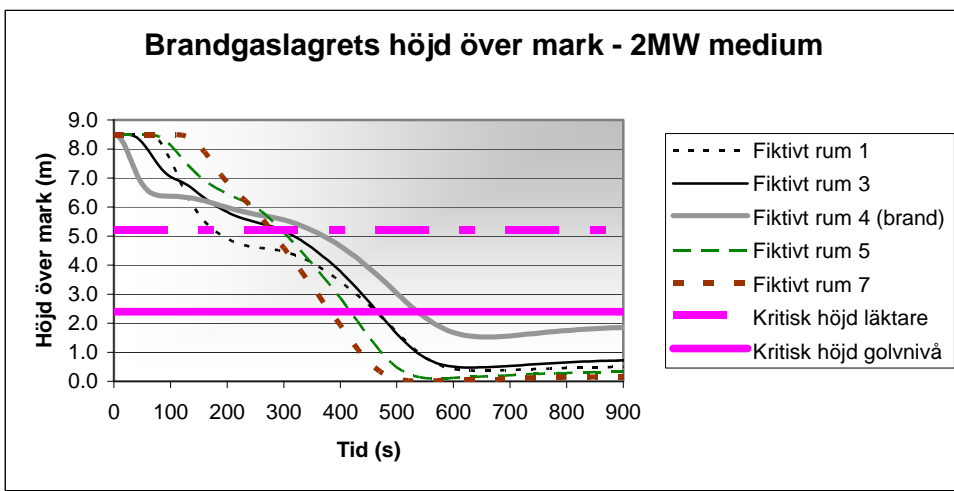
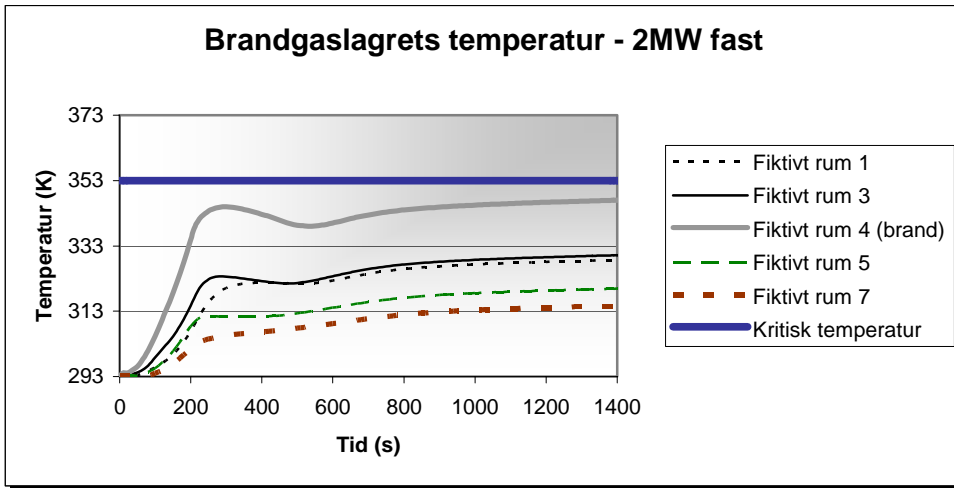


Brandgaslagrets temperatur - 5MW medium

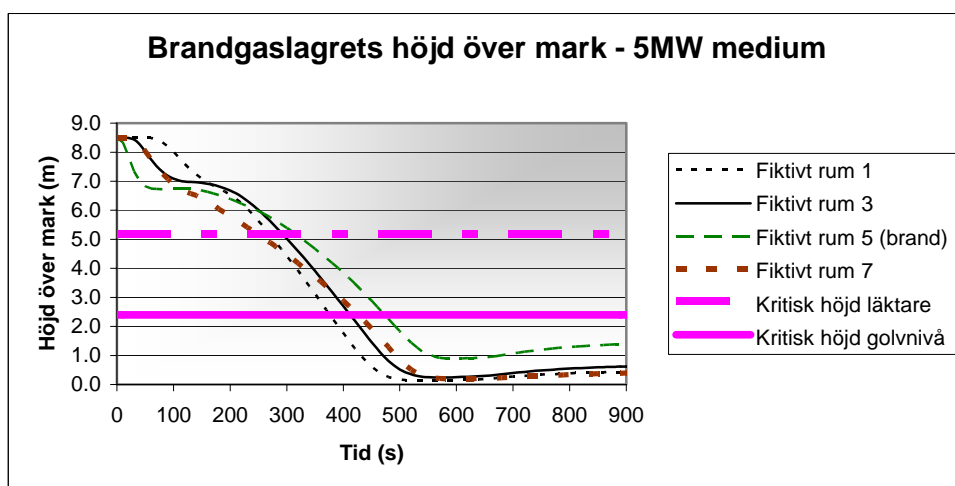
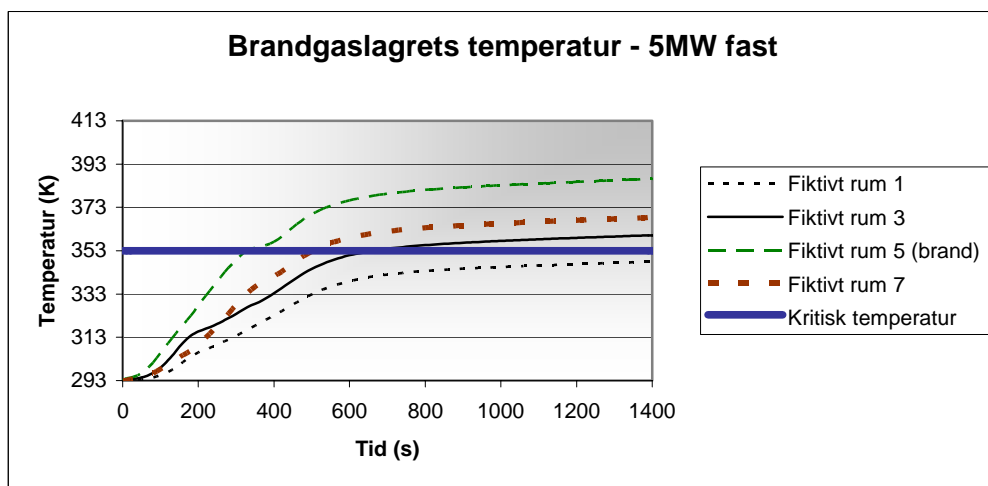
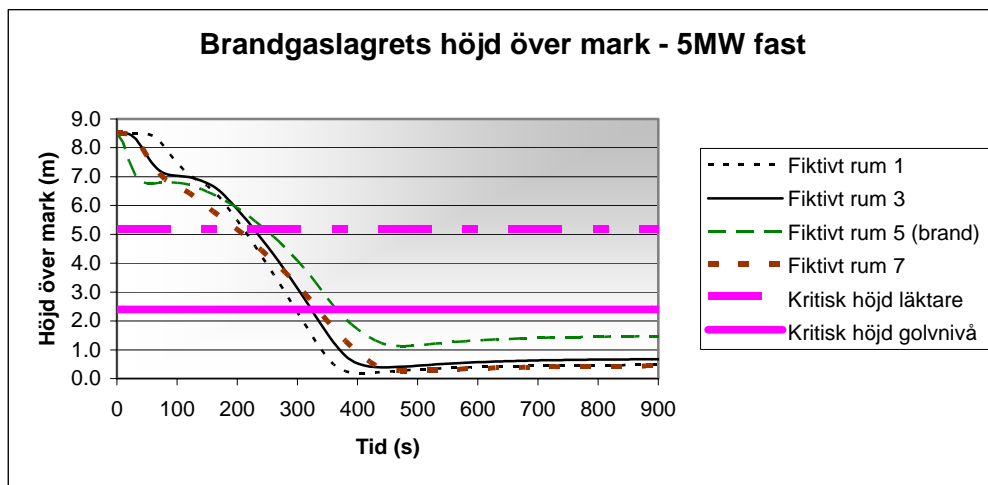


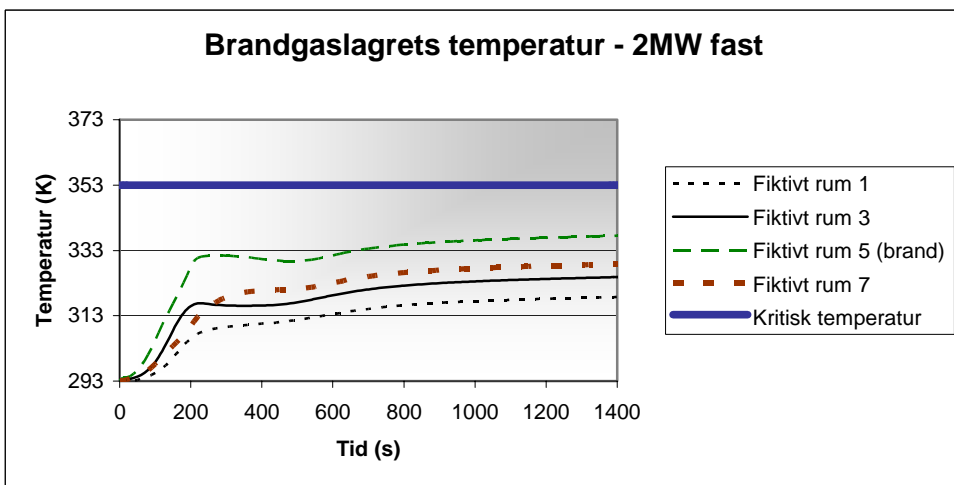
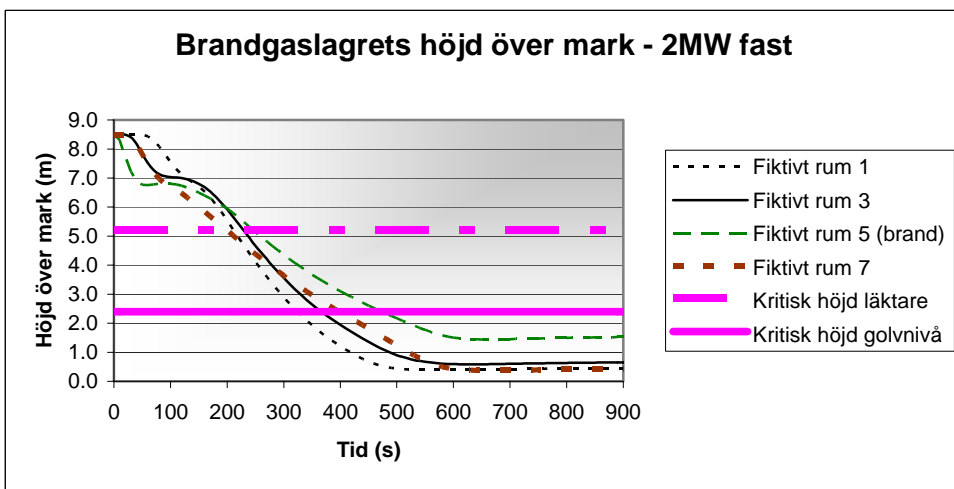
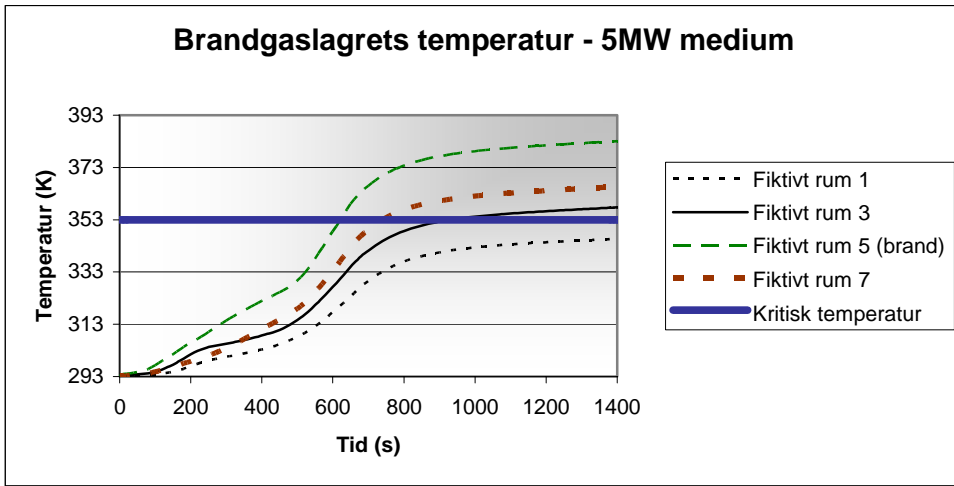
Brandgaslagrets höjd över mark - 2MW fast



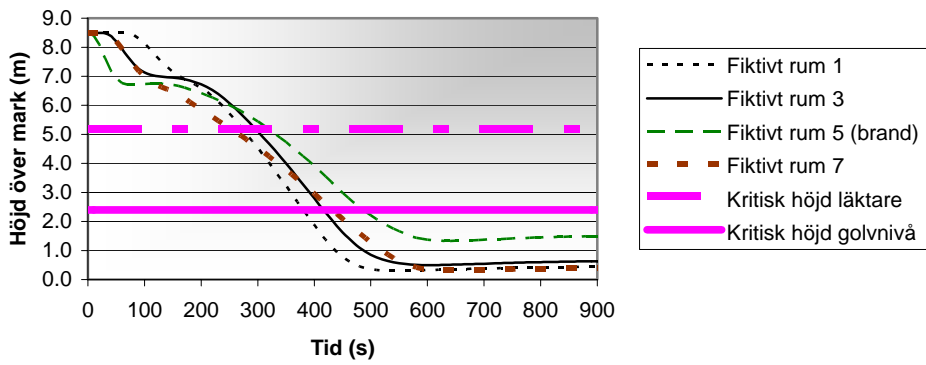


Resultat för samtliga scenarier vid brand i fiktivt rum 5

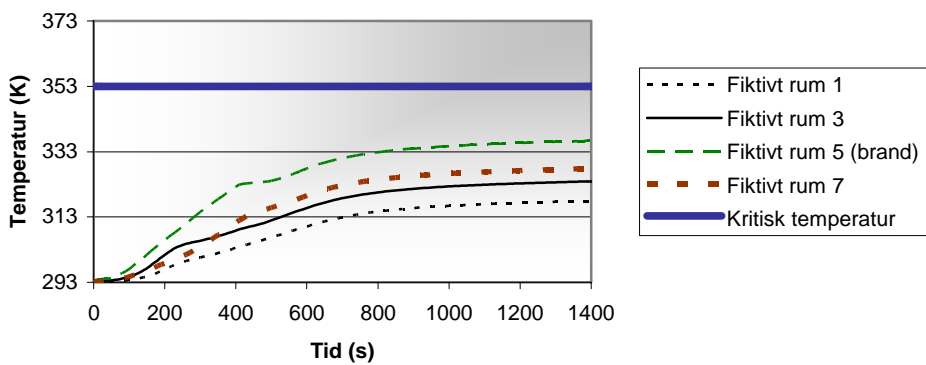




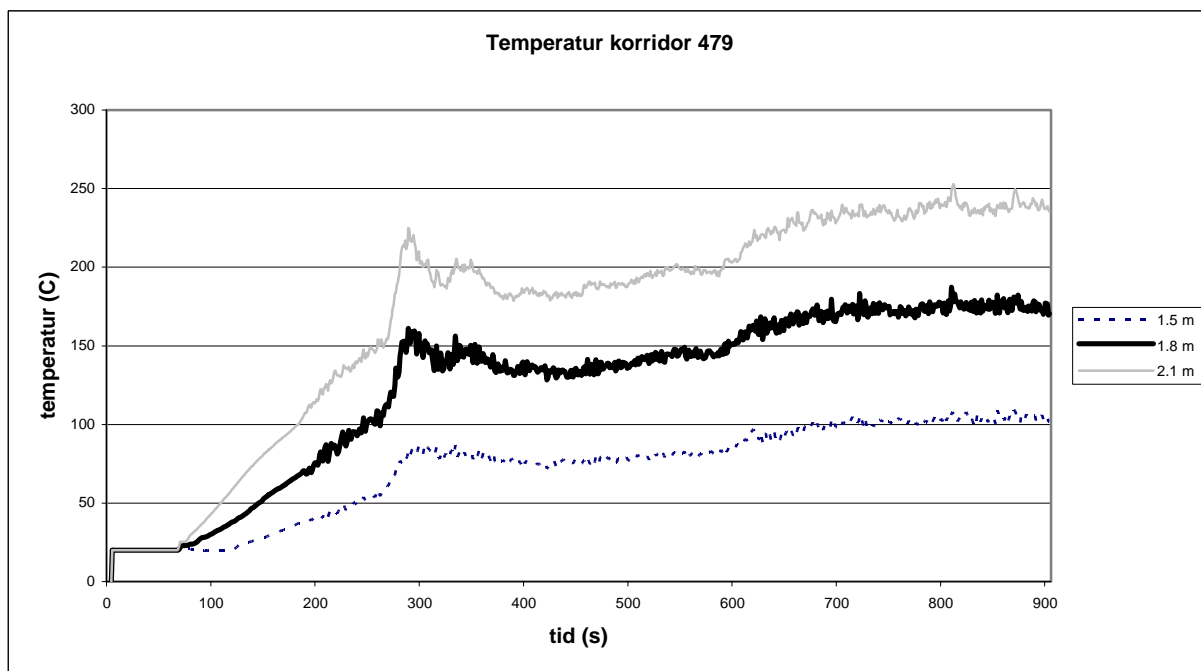
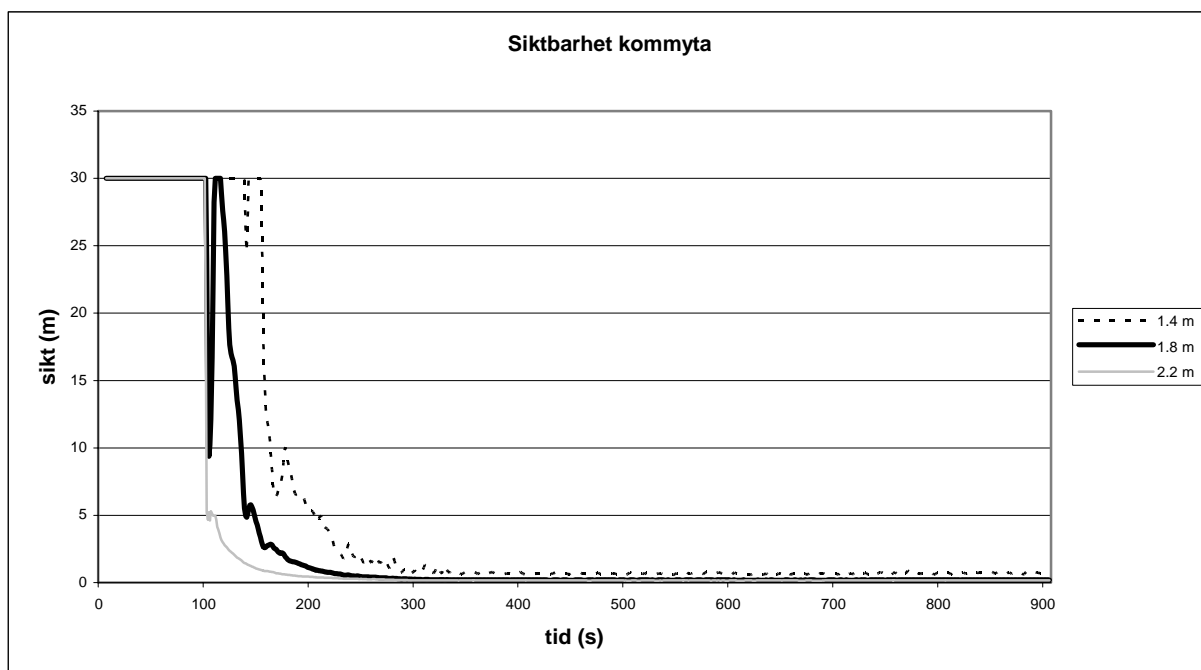
Brandgaslagrets höjd över mark - 2MW medium

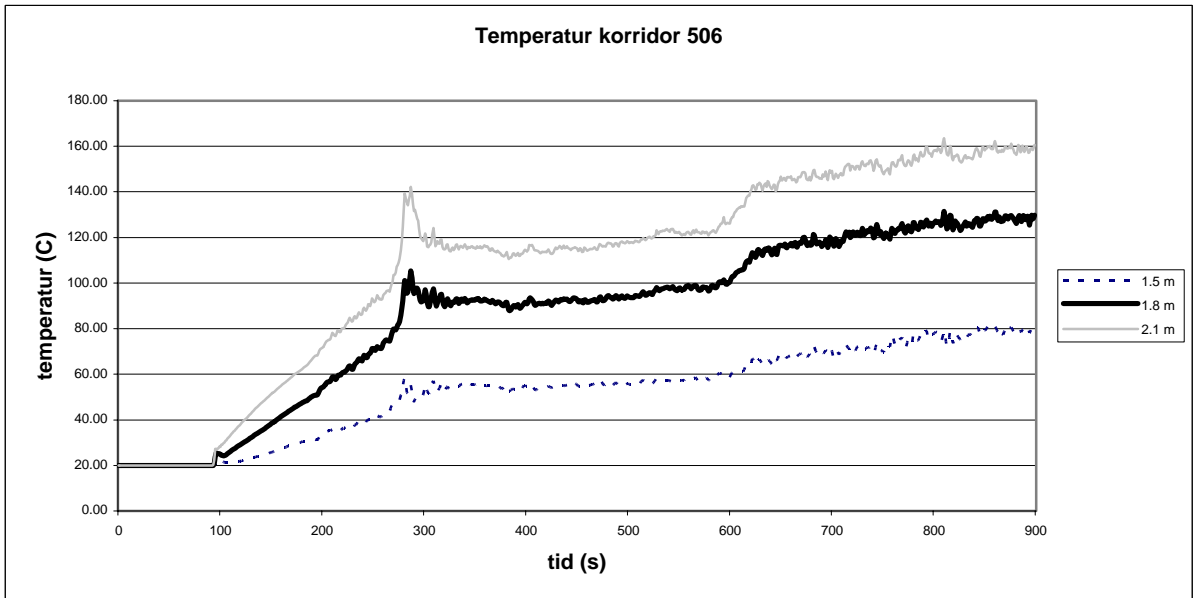
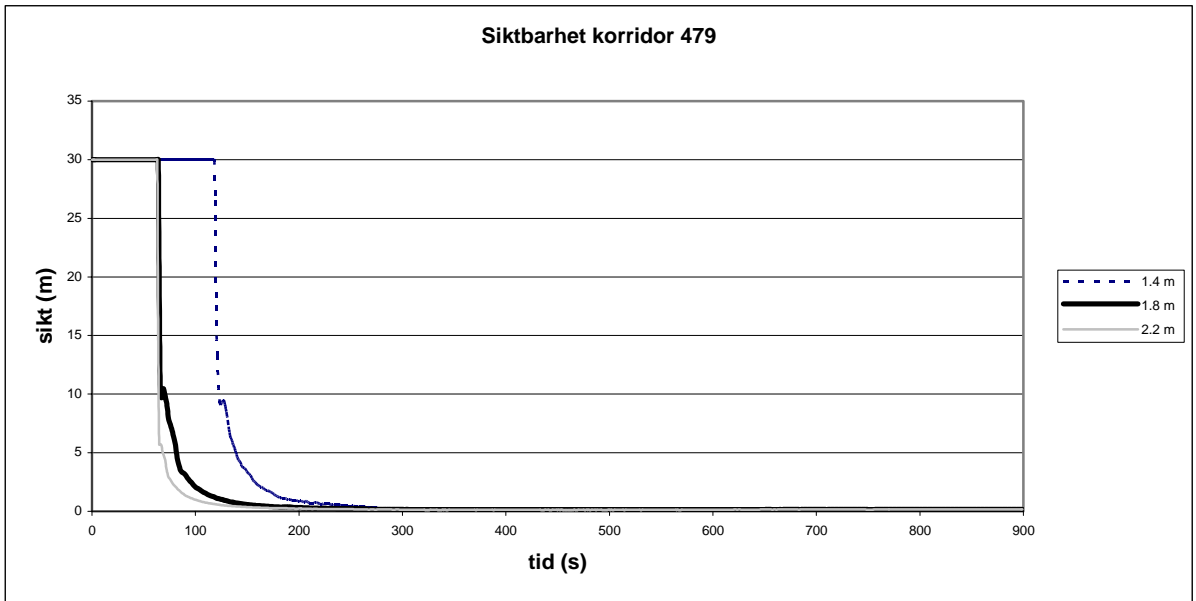


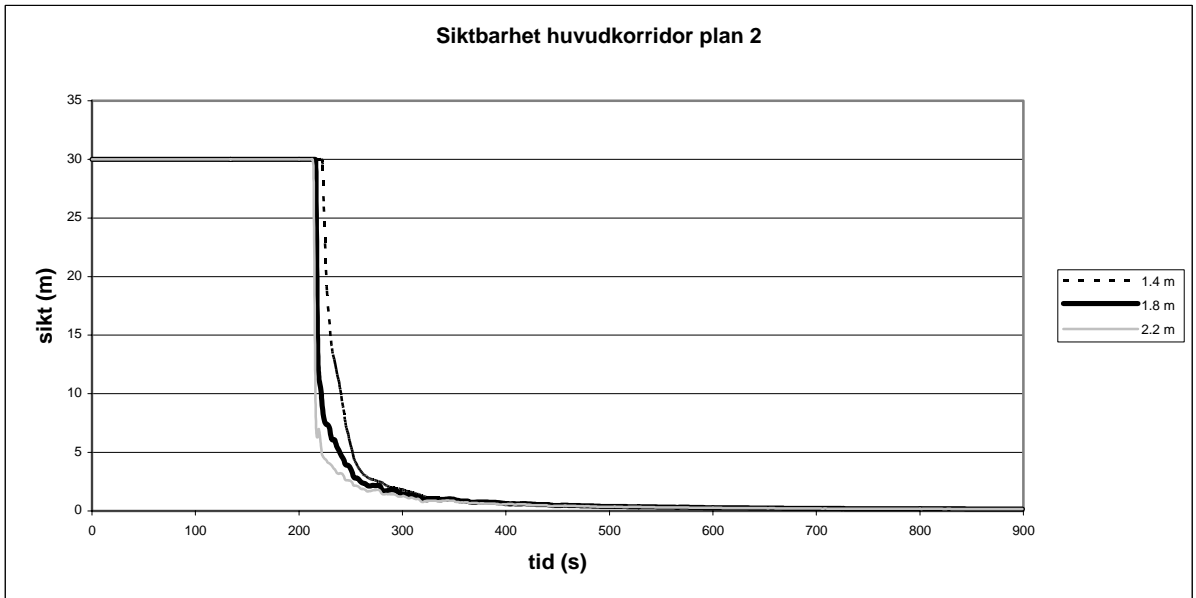
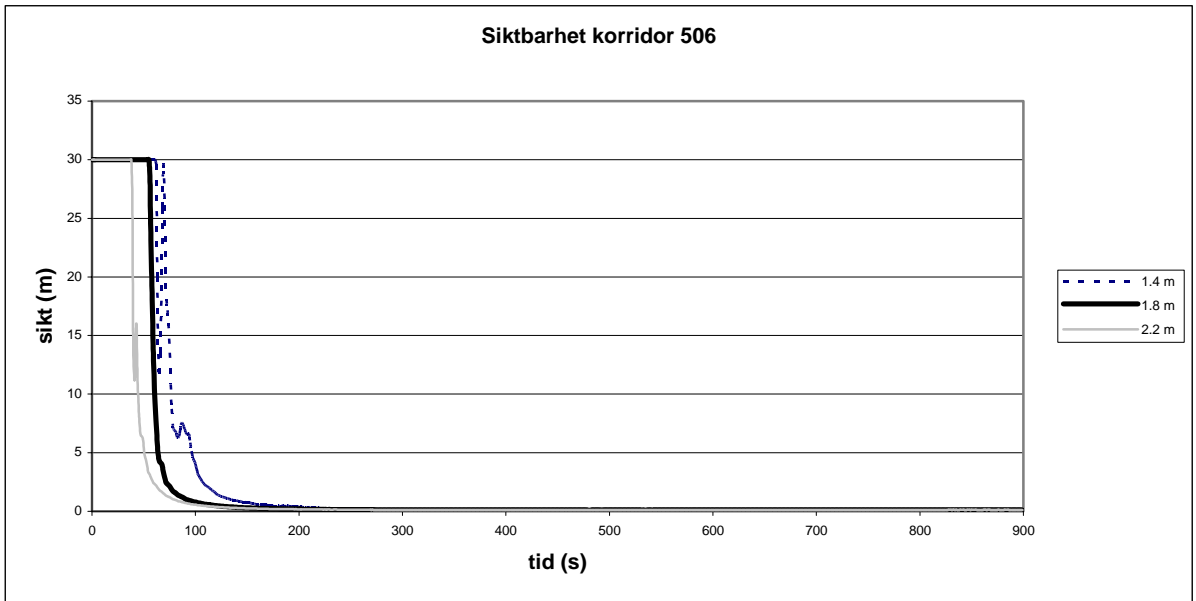
Brandgaslagrets temperatur - 2MW medium



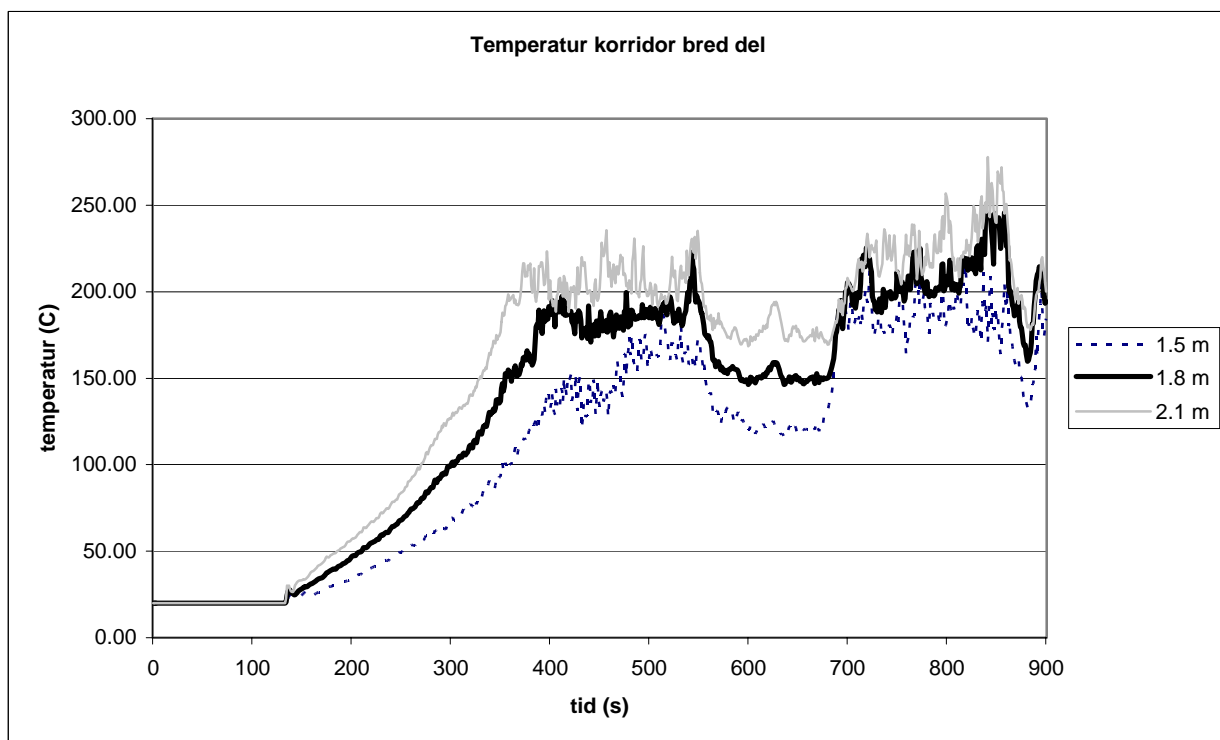
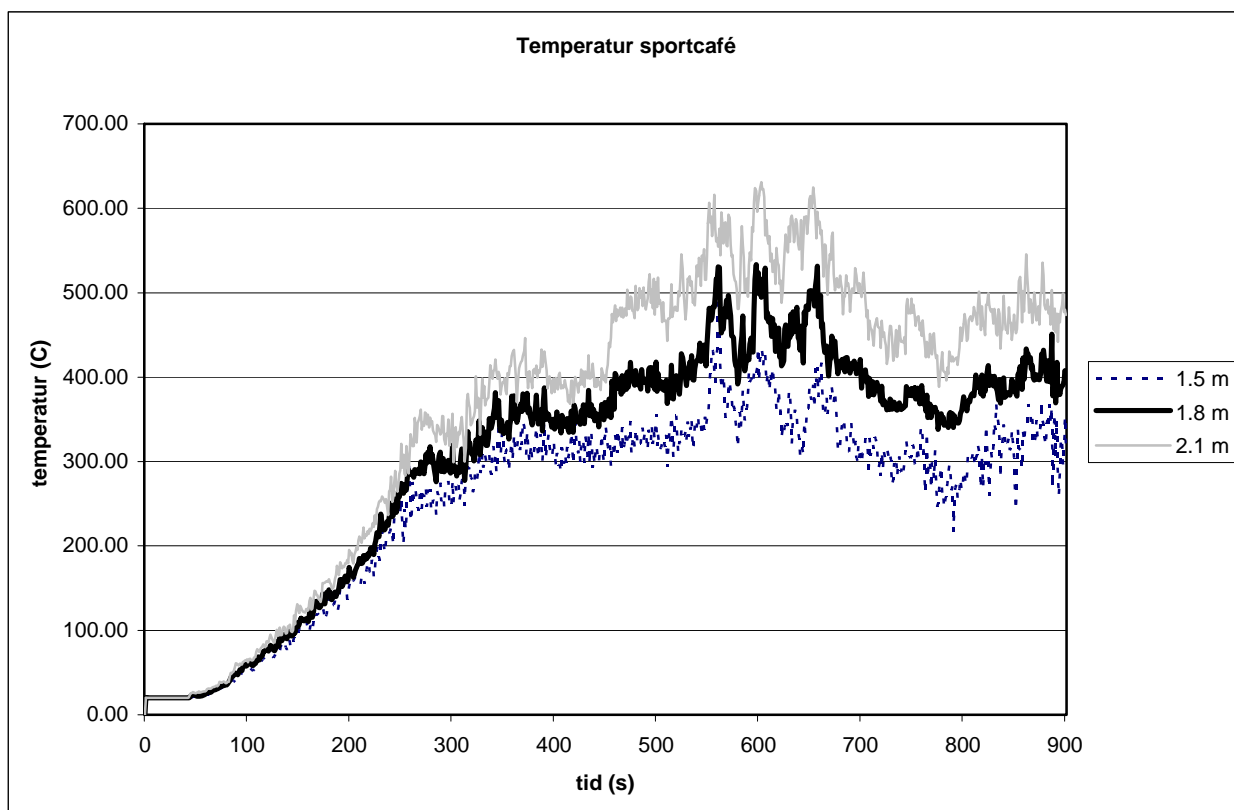
Bilaga F – Resultat för brandförlopp i omklädningsrum till sporthall –FDS 3.1

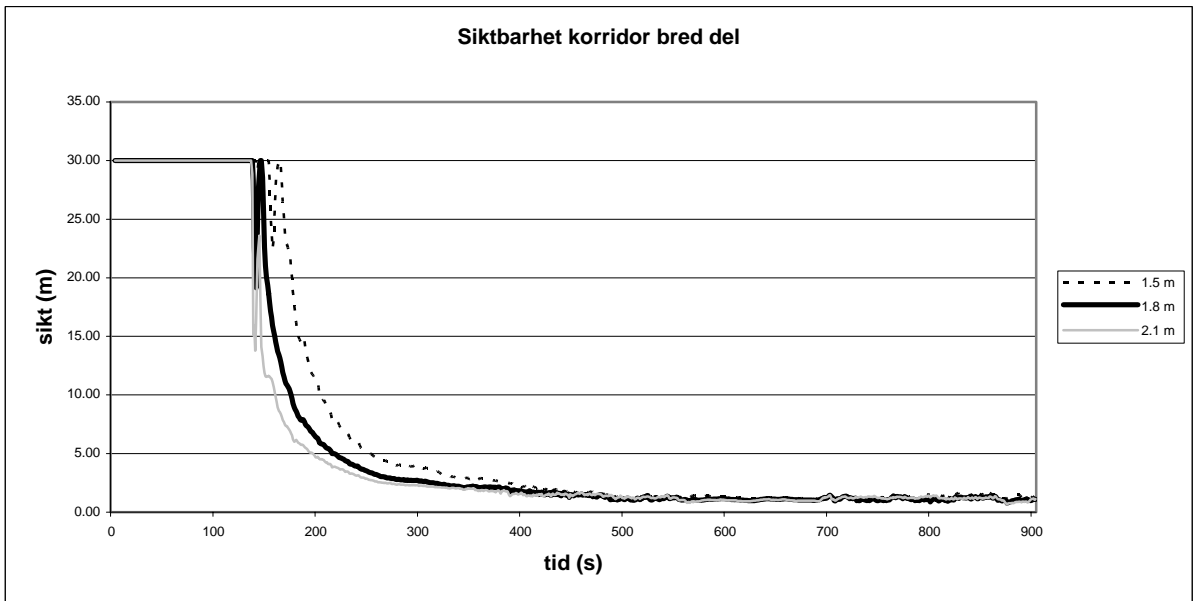
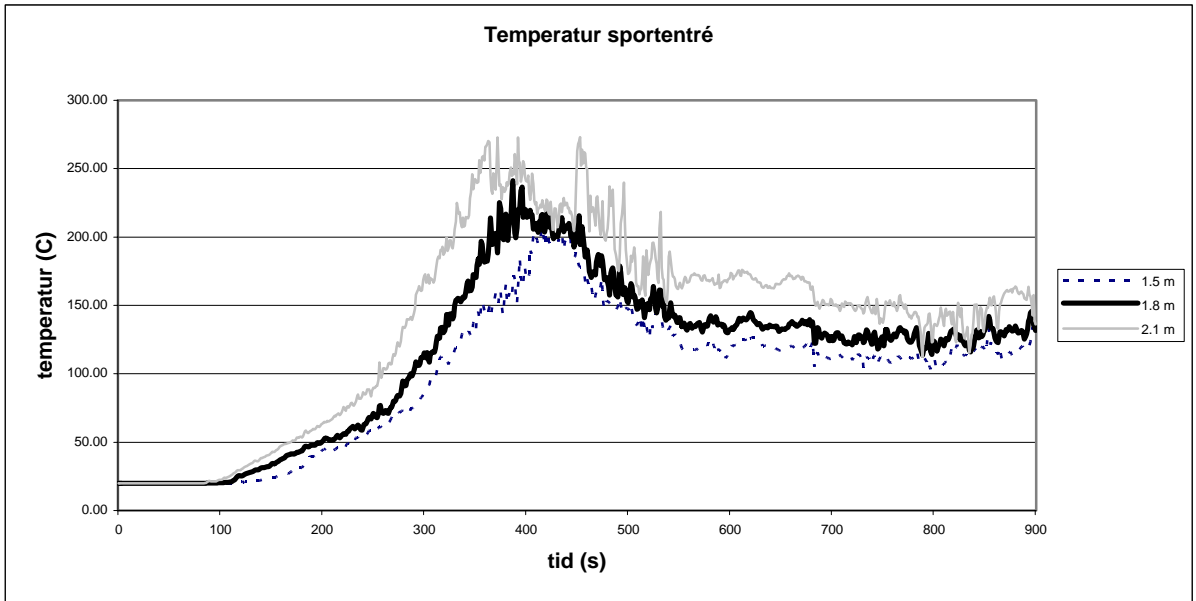


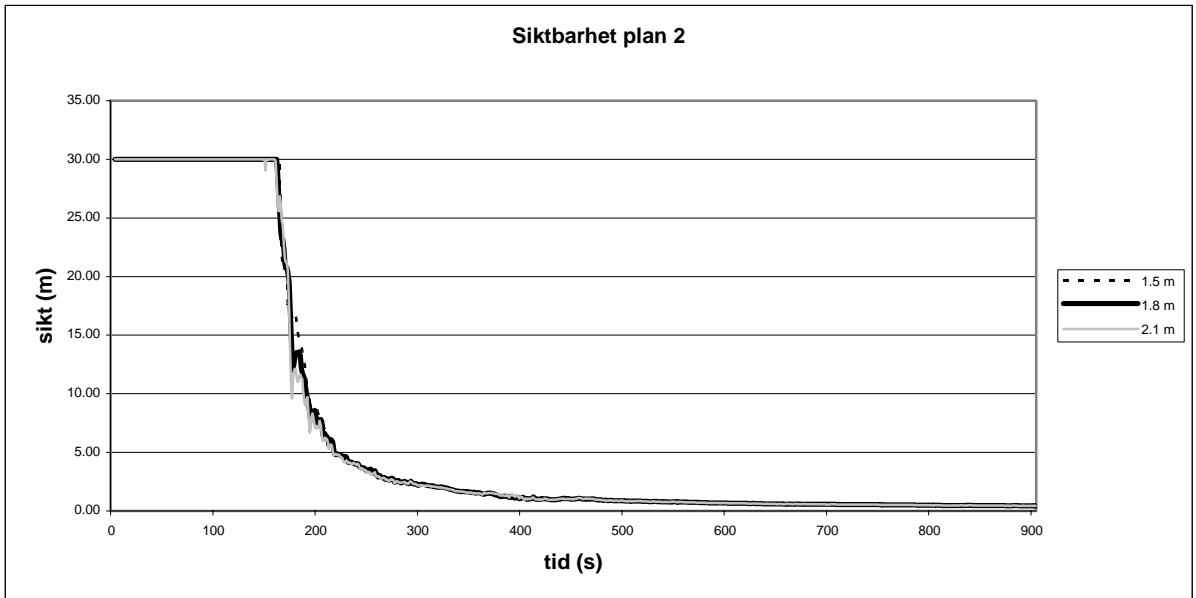
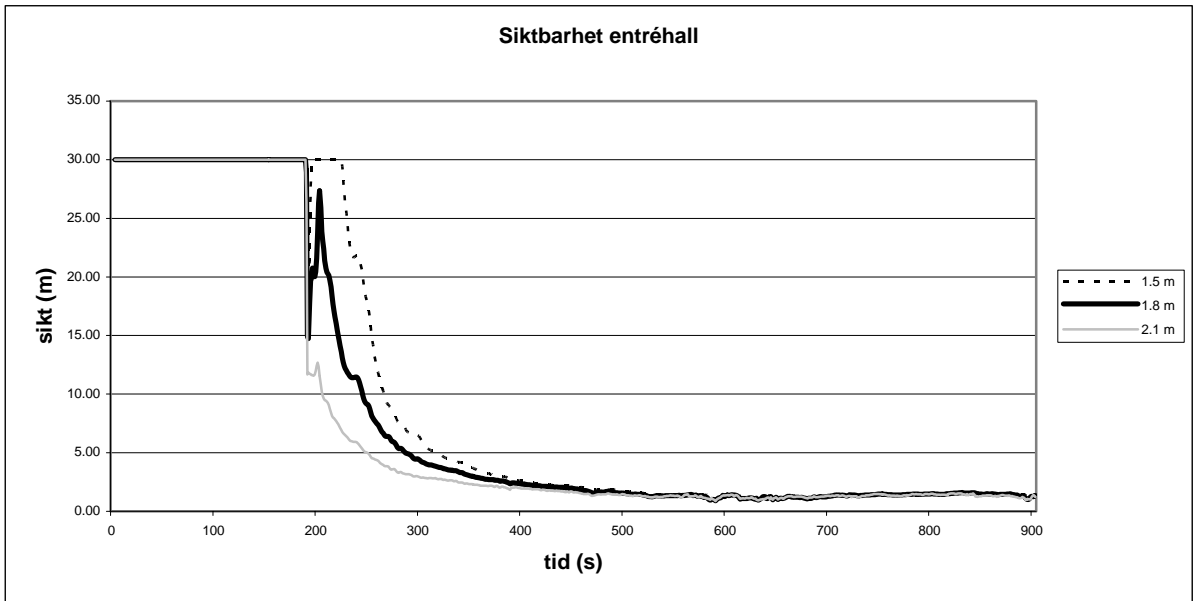


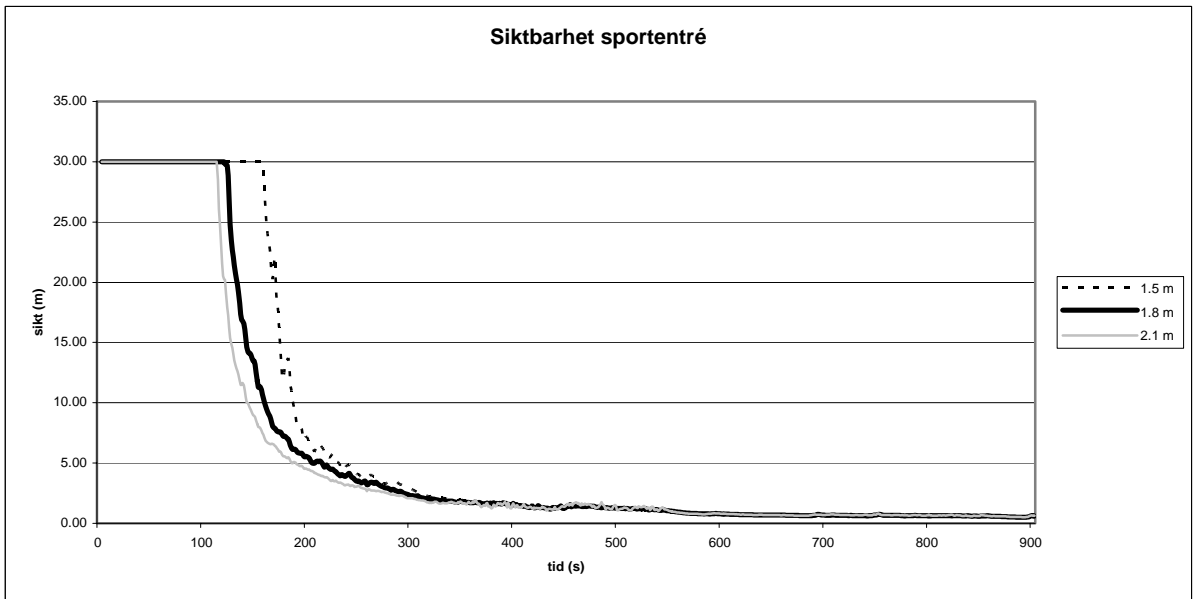
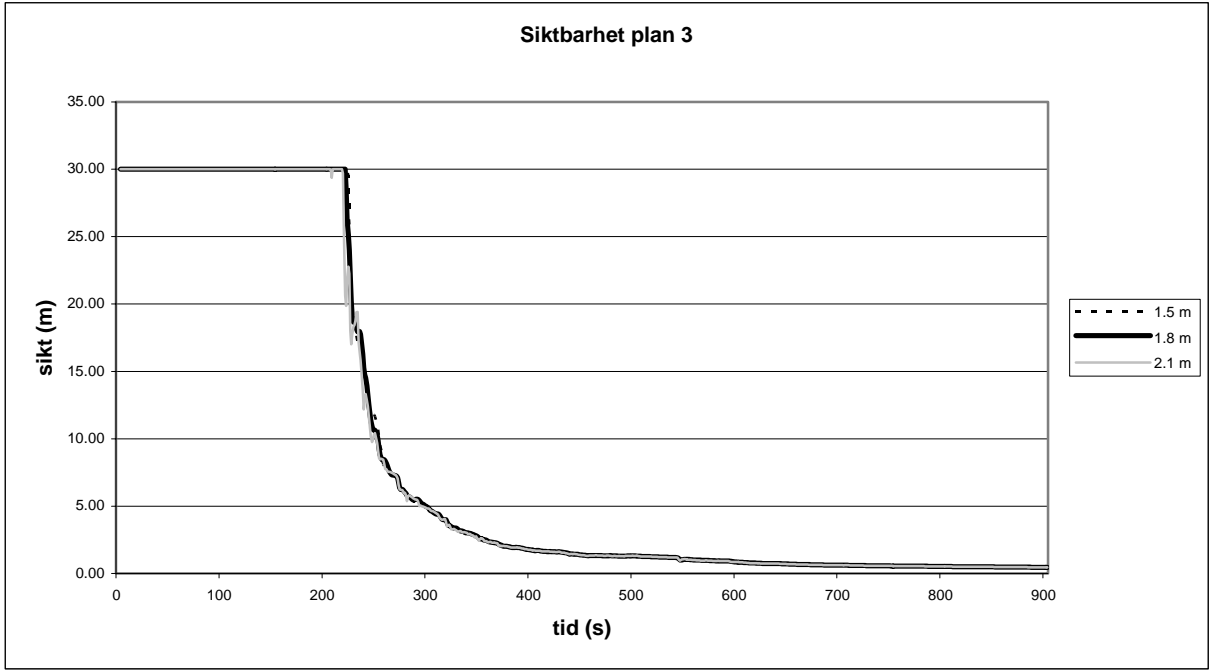


Bilaga G – Resultat för brandförlopp i kommunikationsytan

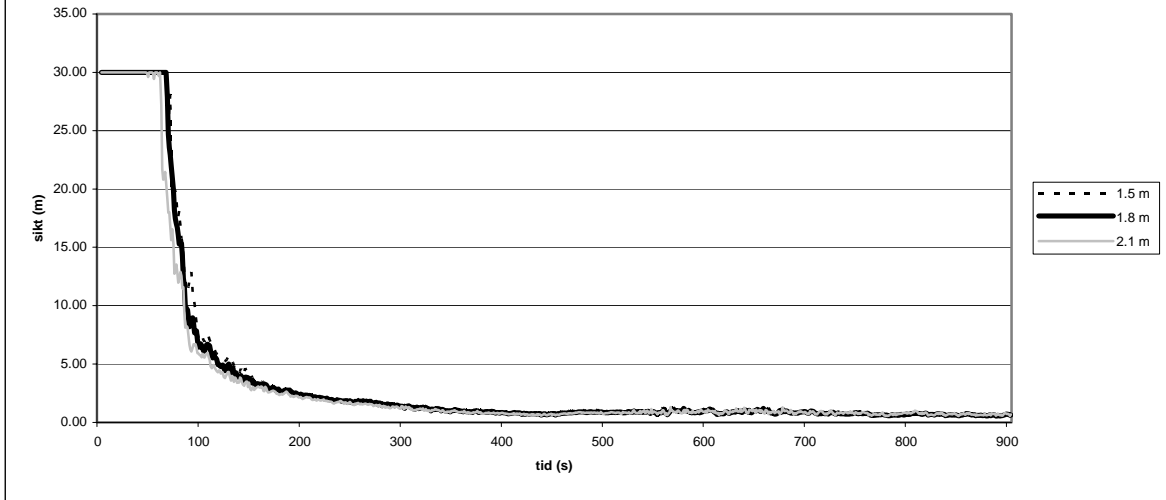








Siktbarhet sportcafé



Bilaga H – Indatafiler till CFAST

Här redovisas endast indatafilen för scenario 1 (5MW-fast). Övriga indatafiler är i princip likadana förutom att en annan effektutveckling angetts och/eller brandens placering är i fiktivt rum 5.

```
VERSN 3DISCO SPORTHALL 5MW FAST
#VERSN 3 DISCO SPORTHALL 5MW FAST
TIMES 1800 0 10 20 0
ADUMP SP5FAST.TXT N
TAMB 293.150 101300.0.000000
EAMB 293.150 101300.0.000000
HI/F 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
WIDTH 14.0000 14.0000 14.0000 14.0000 14.0000 14.0000 14.0000 14.0000 14.0000
DEPTH 10.0000 10.0000 11.0000 11.0000 11.0000 11.0000 11.0000 11.0000 11.0000
HEIGH 8.50000 8.50000 8.50000 8.50000 8.50000 8.50000 8.50000 8.50000 8.50000
CEILI CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE
WALLS CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE
FLOOR CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE
#CEILI CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE
#WALLS CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE
#FLOOR CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE
HVENT 1 2 1 10.0000 8.00000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT 1 2 1 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
1.00000 1.00000
HVENT 1 3 1 14.0000 8.00000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT 1 3 1 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
1.00000 1.00000
HVENT 1 9 1 0.0200000 8.00000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT 1 9 1 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
1.00000 1.00000
HVENT 1 9 2 1.20000 2.10000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT 1 9 2 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
1.00000 1.00000
HVENT 2 4 1 14.0000 8.00000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT 2 4 1 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
1.00000 1.00000
HVENT 2 9 1 0.0200000 8.00000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT 2 9 1 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
1.00000 1.00000
HVENT 3 4 1 11.0000 8.00000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT 3 4 1 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
1.00000 1.00000
HVENT 3 5 1 14.0000 8.00000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT 3 5 1 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
1.00000 1.00000
HVENT 3 9 1 0.0200000 8.00000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT 3 9 1 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
1.00000 1.00000
HVENT 4 9 1 0.0200000 8.00000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT 4 9 1 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
1.00000 1.00000
HVENT 5 6 1 11.0000 8.00000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT 5 6 1 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
1.00000 1.00000
HVENT 5 7 1 14.0000 8.00000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT 5 7 1 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
1.00000 1.00000
HVENT 5 9 1 0.0200000 8.00000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT 5 9 1 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
1.00000 1.00000
HVENT 6 8 1 14.0000 8.00000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT 6 8 1 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
1.00000 1.00000
HVENT 6 9 1 0.0200000 8.00000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT 6 9 1 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
1.00000 1.00000
HVENT 7 8 1 11.0000 8.00000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT 7 8 1 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
1.00000 1.00000
HVENT 7 9 1 0.0200000 8.00000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
```

```

CVENT 7 9 1 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
1.00000 1.00000
HVENT 7 9 2 0.900000 5.10000 3.00000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT 7 9 2 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
1.00000 1.00000
HVENT 8 9 1 0.0200000 8.00000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT 8 9 1 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
1.00000 1.00000
CHEMI 16.0000 50.0000 10.0000 1.95000E+007 293.150 493.150 0.300000
LFBO 4
LFBT 1
CJET ALL
FPOS -1.00000 -1.00000 0.000000
FTIME 36.0000 72.0000 108.000 144.000 180.000 216.000 252.000 288.000 326.000 1800.00
FMASS 0.000000 0.00311705 0.0124682 0.0280534 0.0498727 0.0779262 0.112214 0.152735 0.199491
0.255607 0.255607
FQDOT 0.000000 60782.4 243130. 547042. 972518. 1.51956E+006 2.18817E+006 2.97834E+006 3.89007E+006
4.98434E+006 4.98434E+006
HCR 0.0800000 0.0800000 0.0800000 0.0800000 0.0800000 0.0800000 0.0800000 0.0800000 0.0800000 0.0800000
0.0800000 0.0800000
OD 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000
0.0300000 0.0300000
CO 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000
0.0300000 0.0300000
SELECT 1 2 4
#GRAPHICS ON
DEVICE 1
WINDOW 0. 0. -100. 1280. 1024. 1100.
LABEL 1 970. 960. 0. 1231. 1005. 10. 15 00:00:00 0.00 0.00
GRAPH 1 100. 50. 0. 600. 475. 10. 3 TIME HEIGHT
GRAPH 2 100. 550. 0. 600. 940. 10. 3 TIME CELSIUS
GRAPH 3 720. 50. 0. 1250. 475. 10. 3 TIME FIRE_SIZE(kw)
GRAPH 4 720. 550. 0. 1250. 940. 10. 3 TIME O[D2]O
HEAT 00003 1U
HEAT 00003 2U
HEAT 00003 3U
HEAT 00003 4U
HEAT 00003 5U
HEAT 00003 6U
HEAT 00003 7U
HEAT 00003 8U
TEMPE 00002 1U
TEMPE 00002 2U
TEMPE 00002 3U
TEMPE 00002 4U
TEMPE 00002 5U
TEMPE 00002 6U
TEMPE 00002 7U
TEMPE 00002 8U
INTER 00001 1U
INTER 00001 2U
INTER 00001 3U
INTER 00001 4U
INTER 00001 5U
INTER 00001 6U
INTER 00001 7U
INTER 00001 8U
O2 00004 1U
O2 00004 2U
O2 00004 3U
O2 00004 4U
O2 00004 5U
O2 00004 6U
O2 00004 7U
O2 00004 8U

```

Bilaga I – Indatafiler till FDS 3.1

Scenario med brand i kommunikationsytan

```
&HEAD CHID='kommyta',TITLE='ATF Room Fire Test' /

&GRID IBAR=160, JBAR=36, KBAR=40 / stora trappan kommunikationsyta
&PDIM XBAR=32, YBAR=7.2, ZBAR=8.0 /

&GRID IBAR=435, JBAR=36, KBAR=12 / lång korridor
&PDIM XBAR0=-80.0 XBAR=7.0, YBAR=7.2, ZBAR=2.4 /

&GRID IBAR=108, JBAR=120, KBAR=12 / entré
&PDIM XBAR0=-96.2, XBAR=-74.6, YBAR0=-13.6, YBAR=10.4, ZBAR=2.4 /

&GRID IBAR=81, JBAR=54, KBAR=12 / badkassa
&PDIM XBAR0=-23.8, XBAR=-7.6, YBAR0=3.8, YBAR=14.6, ZBAR=2.4 /

&GRID IBAR=60, JBAR=108, KBAR=24 / finare gridnät vid branden
&PDIM XBAR0=-23.8, XBAR=-17.8, YBAR0=3.8, YBAR=14.6, ZBAR=2.4 /

&TIME TWFIN=900. /

&MISC SURF_DEFAULT='GYPSUM BOARD', NFRAMES=900,
  DATABASE='c:\nist\fds\database3\database3.data',
  REACTION='WOOD' /

BRANDEN
&SURF ID='FIRE',HRRPUA=250.0, TAU_Q=-357. /
&OBST XB= -23.4,-18.4, 9.2, 14.0, 0.0, 0.2, SURF_IDS='FIRE','INERT','INERT' /

ÖPPNINGAR TILL DET FRIA
&VENT XB= -96.2,-96.2, -2.8,-2.0, 0.0,2.0, SURF_ID='OPEN' / dörr 852:det fria
&VENT XB= -96.2,-96.2, 1.6,2.4, 0.0,2.0, SURF_ID='OPEN' / dörr brevid stora utgången
&VENT XB= -96.2,-96.2, 3.4,6.8, 0.0,2.0, SURF_ID='OPEN' / stora entrédörren
&VENT XB= -43.0,-42.2, 0.0,0.0, 0.0,2.0, SURF_ID='OPEN' / krogentré
&VENT XB= -10.0,-9.2, 0.0,0.0, 0.0,2.0, SURF_ID='OPEN' / sportentré
&VENT XB= -60.0,-30.0, 7.2,7.2, 0.0,0.2, SURF_ID='OPEN' / läckage korridor

TRAPPA TILL GYM OCH SPORRHALL
&OBST XB= 7.6 , 8.4 , 0.0 , 2.0 , 0.0 , 0.2 / nedersta trappa
&OBST XB= 8.2 , 9.0 , 0.0 , 2.0 , 0.2 , 0.4 /
&OBST XB= 8.8 , 9.6 , 0.0 , 2.0 , 0.4 , 0.6 /
&OBST XB= 9.4 , 10.2, 0.0 , 2.0 , 0.6 , 0.8 /
&OBST XB= 10.0, 10.8, 0.0 , 2.0 , 0.8 , 1.0 /

&OBST XB= 10.6, 12.2, 0.0 , 2.0 , 1.0 , 1.2 / mellanplan

&OBST XB= 12.0, 12.8, 0.0 , 2.0 , 1.2 , 1.4 / trappa till etage 2
&OBST XB= 12.6, 13.4, 0.0 , 2.0 , 1.4 , 1.6 /
&OBST XB= 13.2, 14.0, 0.0 , 2.0 , 1.6 , 1.8 /
&OBST XB= 13.8, 14.6, 0.0 , 2.0 , 1.8 , 2.0 /
&OBST XB= 14.4, 15.2, 0.0 , 2.0 , 2.0 , 2.2 /
&OBST XB= 15.0, 15.8, 0.0 , 2.0 , 2.2 , 2.4 /

&OBST XB= 15.6, 18.6, 0.0 , 2.0 , 2.4 , 2.6 / plan 2

&OBST XB= 18.4, 19.2, 0.0 , 2.0 , 2.6 , 2.8 / trappa till etage 3
&OBST XB= 19.0, 19.8, 0.0 , 2.0 , 2.8 , 3.0 /
&OBST XB= 19.6, 20.4, 0.0 , 2.0 , 3.0 , 3.2 /
&OBST XB= 20.2, 21.0, 0.0 , 2.0 , 3.2 , 3.4 /
&OBST XB= 20.8, 21.6, 0.0 , 2.0 , 3.4 , 3.6 /

&OBST XB= 21.4, 23.0, 0.0 , 2.0 , 3.6 , 3.8 / mellanplan 2:3

&OBST XB= 22.8, 23.6, 0.0 , 2.0 , 3.8 , 4.0 / trappa till etage 3
&OBST XB= 23.4, 24.2, 0.0 , 2.0 , 4.0 , 4.2 /
&OBST XB= 24.0, 24.8, 0.0 , 2.0 , 4.2 , 4.4 /
&OBST XB= 24.6, 25.4, 0.0 , 2.0 , 4.4 , 4.6 /
&OBST XB= 25.2, 26.0, 0.0 , 2.0 , 4.6 , 4.8 /
&OBST XB= 25.8, 26.6, 0.0 , 2.0 , 4.8 , 5.0 /
```

PLAN 1

&OBST XB= 0.0,11.0, 5.4,5.6, 0.0,2.4 / inpassage vägg
&OBST XB= 11.0,14.4, 5.4,5.6, 2.0,2.4 /

&OBST XB= 14.4,14.6, 5.4,7.2, 0.0,2.4 / vägg 805A: korridor 479

&OBST XB= 14.6,18.0, 5.4,5.6, 0.0,2.4 / vägg kommunikationsyta:korridor 479

&OBST XB= 17.8,18.0, 4.6,5.4, 0.0,2.4 / vägg kommunikationsyta:hiss 515
&OBST XB= 18.0,21.0, 4.6,4.8, 0.0,2.4 /

&OBST XB= 20.8,21.0, 0.0,4.6, 0.0,2.4 / vägg kommunikationsyta:519

&OBST XB= 7.6,11.2, 2.0,2.2, 0.0,1.2 / vägg till utrymme under trappa
&OBST XB= 11.2,15.6, 2.0,2.2, 0.0,2.4 /
&OBST XB= 15.6,15.8, 0.0,2.2, 0.0,2.2 /

&OBST XB= 0.0,7.8, 0.0,7.2, 2.4,2.6 / tak mot det fria

PLAN 2

&OBST XB= 11.2,27.0, 2.0,7.2, 2.4,2.6 / golv plan 2
&OBST XB= 18.6,27.0, 0.0,2.0, 2.4,2.6 /

&OBST XB= 17.8,18.0, 4.8,7.2, 2.6,5.0 / väggar 582;579;580
&OBST XB= 18.0,27.0, 4.8,5.0, 2.6,5.0 /

&OBST XB= 25.0,25.2, 0.0,2.0, 2.6,4.4 / vägg 583

&OBST XB= 25.2,27.0, 2.0,2.2, 2.6,5.0 / vägg till utrymme under trappa
&OBST XB= 19.2,25.2, 2.0,2.2, 2.6,4.4 /

&OBST XB= 27.0,27.2, 0.0,7.2, 2.4,5.0 / vägg 530;584B

&OBST XB= 7.6,18.0, 0.0,2.0, 5.0,5.2 / tak mot det fria

&OBST XB= 7.6,7.8, 0.0,7.2, 2.6,5.0 /

PLAN 3

&OBST XB= 26.4,32.0, 0.0,2.0, 5.0,5.2 / golv som möter trappa
&OBST XB= 7.6,32.0, 2.0,7.2, 5.0,5.2 /

&OBST XB= 17.8,18.0, 0.0,7.2, 5.2,7.6 / vägg mot det fria
&OBST XB= 17.8,32.0, 0.0,7.2, 7.6,7.8 / tak

&OBST XB= 32.0,32.2, 0.0,7.2, 5.0,7.8 / vägg mot korridor till gymnasiet

ÖPPNINGAR MOT DET FRIA

&VENT XB= 0.0,0.0, 0.0,0.0, 0.0,0.0, SURF_ID='OPEN' / öppning komm. yta

BADKASSA

&OBST XB= -18.2,-7.6, 7.2,7.4, 2.0,2.4 / vägg med biljettlucka
&OBST XB= -18.2,-7.6, 7.2,7.4, 0.0,1.0 /
&OBST XB= -18.2,-10.8, 7.2,7.4, 1.0,2.0 /

&OBST XB= -18.2,-18.0, 7.4,14.6, 2.0,2.4 / vägg badkassa:sportcafé
&OBST XB= -18.2,-18.0, 11.8,14.6, 0.0,2.0 /
&OBST XB= -18.2,-18.0, 7.4,11.0, 0.0,2.0 /

&OBST XB= -11.0,-10.8, 7.4,11.0, 0.0,2.4 / förråd och toalett vid badkassa
&OBST XB= -18.0,-11.0, 10.8,11.0, 0.0,2.4 /

ENTRÉ

&OBST XB= -78.4,-74.6, -0.2,0.0, 0.0,2.4 / väggar utställning 857:komyta
&OBST XB= -78.4,-78.2, -13.6,-0.2, 0.0,2.4 /

&OBST XB= -86.0,-81.4, -0.2,0.0, 0.0,2.4 / servering
&OBST XB= -86.0,-85.8, -5.8,-0.2, 0.0,2.4 /
&OBST XB= -81.6,-81.4, -5.8,-0.2, 0.0,2.4 /
&OBST XB= -86.0,-81.4, -5.8,-5.6, 0.0,2.4 /

&OBST XB= -96.2,-87.0, -8.0,-7.8, 0.0,2.4 / volymjustering hörna vid servering
&OBST XB= -87.2,-87.0, -13.6,-7.8, 0.0,2.4 /

&OBST XB= -77.4,-74.6, 7.2,7.4, 0.0,2.4 / volymjustering hörna reception
&OBST XB= -77.4,-77.2, 7.4,10.4, 0.0,2.4 / volymjustering hörna vid servering

LÅNG KORRIDOR

&OBST XB= -10.4,-10.2, 0.0,3.8, 0.0,2.4 / vägg vid vindfång 865

&OBST XB= -44.0,-10.2, 3.6,3.8, 2.0,2.4 / vägg i smala korridordelen

&OBST XB= -44.0,-42.0, 3.6,3.8, 0.0,2.0 /

&OBST XB= -41.2,-10.2, 3.6,3.8, 0.0,2.0 /

&OBST XB= -44.0,-43.8, 0.0,3.6, 0.0,2.4 /

&OBST XB= -37.0,-36.8, 0.0,3.6, 0.0,2.4 / vägg krogentré:det fria

Scenario med brand i omklädningsrum till sporthall

&HEAD CHID='omkladning_sphall',TITLE='ATF Room Fire Test' /

&GRID IBAR=60, JBAR=256, KBAR=12 / Omklädningsrummen, plan 1

&PDIM XBAR=12.0,YBAR=51.2,ZBAR=2.4 /

&GRID IBAR=40, JBAR=18, KBAR=27 / Trappa C

&PDIM XBAR0=9.8, XBAR=17.8, YBAR0=23.6, YBAR=27.2, ZBAR=5.4 /

&GRID IBAR=9.0, JBAR=225, KBAR=15 / Huvudkorridor, plan 2

&PDIM XBAR0=11.2, XBAR=13.0, YBAR0=6.2, YBAR=51.2, ZBAR0=2.4, ZBAR=5.4 /

&GRID IBAR=135, JBAR=10, KBAR=15 / Sidokorridor undre, plan 2

&PDIM XBAR0=-14.0, XBAR=13.0, YBAR0=20.4, YBAR=22.4, ZBAR0=2.4, ZBAR=5.4 /

&GRID IBAR=135, JBAR=10, KBAR=15 / Sidokorridor övre, plan 2

&PDIM XBAR0=-14.0, XBAR=13.0, YBAR0=29.8, YBAR=31.8, ZBAR0=2.4, ZBAR=5.4 /

&GRID IBAR=54, JBAR=36, KBAR=24 / finare grid i brandrum

&PDIM XBAR0=3.8, XBAR=9.2, YBAR0=14.6, YBAR=18.2, ZBAR=2.4 /

&TIME TWFIN=900. /

&MISC SURF_DEFAULT='GYPSUM BOARD',NFRAMES=900,

DATABASE='c:\nist\fdsl\database3\database3.data',

REACTION='POLYURETHANE' /

BRANDEN

&SURF ID='FIRE',HRRPUA=500.,TAU_Q=-269. /

&OBST XB=6.6,6.8, 15.8,17.8, 1.0,2.0, SURF_IDS='FIRE','FIRE','INERT' / kläder

&OBST XB=6.2,7.2, 15.8,17.8, 0.0,0.5, SURF_IDS='FIRE','INERT','INERT' / bänk

ÖPPNINGAR MOT DET FRIA

&VENT XB= 0.0,0.0, 0.0,5.4, 0.0,2.4,SURF_ID='OPEN' / öppning komm. yta

&VENT XB= 9.2,10.0, 51.2,51.2, 0.0,2.0,SURF_ID='OPEN' / dörr till det fria från korridor 506

LÄCKAGE

&VENT XB= 0.0,0.0, 5.6,41.4, 0.0,0.2, SURF_ID='OPEN' / läckage mot simhall

&VENT XB= 11.2,13.0, 51.2,51.2, 2.6,2.8, SURF_ID='OPEN' / läckage huvudkorridor pl 2 uppe

&VENT XB= 11.2,13.0, 6.2,6.2, 2.6,2.8, SURF_ID='OPEN' / läckage huvudkorridor pl 2 nere

&VENT XB= -14.0,-14.0, 29.8,31.8, 2.6,2.8, SURF_ID='OPEN' / läckage sidokorridor övre pl 2

&VENT XB= -14.0,-14.0, 20.4,22.4, 2.6,2.8, SURF_ID='OPEN' / läckage sidokorridor undre pl 2

OMKLÄDNINGSRUM PLAN 1

&OBST XB= 6.6,6.8, 0.0,4.8, 0.0,2.4 / vägg kommunikationsyta:516

&OBST XB= 3.6,6.6, 4.6,4.8, 0.0,2.4 / vägg hiss 515:kommunikationsyta

&OBST XB= 3.6,3.8, 4.6,10.8, 2.0,2.4 / vägg hiss 515:korridor 479

&OBST XB= 3.6,3.8, 4.6,10.0, 0.0,2.0 /

&OBST XB= 3.6,11.2, 7.2,7.4, 0.0,2.4 / vägg hiss 515:480

&OBST XB= 0.0,3.6, 5.4,5.6, 2.0,2.4 / vägg kommunikationsyta:korridor 479

&OBST XB= 0.0,2.8, 5.4,5.6, 2.0,2.0 /

&OBST XB= 4.4,4.6, 7.4,10.0, 0.0,2.4 / schakt 479:480

&OBST XB= 3.8,4.4, 9.8,10.0, 0.0,2.4 /

&OBST XB= 9.8,10.0, 7.4,9.6, 0.0,2.4 / dass 480
&OBST XB= 10.0,11.2 8.8,9.0, 0.0,2.4 /

&OBST XB= 11.0,12.0, 7.4,23.6, 0.0,2.4 / vägg korridor 506:sporthall
&OBST XB= 11.0,11.2, 23.6,25.0, 0.0,2.4 /
&OBST XB= 11.0,12.0, 27.2,51.2, 0.0,2.4 /

&OBST XB= 2.2,11.0, 10.8,11.0, 2.0,2.4 / vägg 480:483
&OBST XB= 2.2,6.8, 10.8,11.0, 0.0,2.0 /
&OBST XB= 7.6,10.0, 10.8,11.0, 0.0,2.0 /

&OBST XB= 2.8,3.0, 11.0,14.4 0.0,2.4 / schakt 479:483
&OBST XB= 3.6,3.8, 11.0,14.4 0.0,2.4 /

&OBST XB= 6.4,6.6, 11.0,14.4 0.0,2.4 / vägg 483:482

&OBST XB= 9.2,9.4, 11.0,51.2, 2.0,2.4 / vänstervägg korridor 506
&OBST XB= 9.2,9.4, 11.0,14.6, 0.0,2.0 /
&OBST XB= 9.2,9.4, 15.2,20.8, 0.0,2.0 /
&OBST XB= 9.2,9.4, 21.6,25.4, 0.0,2.0 /
&OBST XB= 9.2,9.4, 26.2,31.6, 0.0,2.0 /
&OBST XB= 9.2,9.4, 32.4,36.2, 0.0,2.0 /
&OBST XB= 9.2,9.4, 37.0,46.0, 0.0,2.0 /
&OBST XB= 9.2,9.4, 46.8,47.8, 0.0,2.0 /
&OBST XB= 9.2,9.4, 48.6,51.2, 0.0,2.0 /

&OBST XB= 2.2,9.2, 14.4,14.6, 2.0,2.4 / vägg 483:484
&OBST XB= 0.0,0.6, 14.4,14.6, 0.0,2.4 /
&OBST XB= 2.2,5.6, 14.4,14.6, 0.0,2.0 /
&OBST XB= 6.4,9.2, 14.4,14.6, 0.0,2.0 /

&OBST XB= 2.8,3.0, 14.6,39.8, 2.0,2.4 / vägg korridor 479 höger
&OBST XB= 2.8,3.0, 15.4,20.8, 0.0,2.0 /
&OBST XB= 2.8,3.0, 21.6,25.4, 0.0,2.0 /
&OBST XB= 2.8,3.0, 26.2,30.0, 0.0,2.0 /
&OBST XB= 2.8,3.0, 30.8,36.2, 0.0,2.0 /
&OBST XB= 2.8,3.0, 37.0,39.6, 0.0,2.0 /

&OBST XB= 3.0,3.8, 15.4,15.6, 0.0,2.4 / dass 485 och 486 samt schakt
&OBST XB= 3.0,3.8, 20.6,20.8, 0.0,2.4 /
&OBST XB= 3.6,3.8, 15.4,20.6, 0.0,2.4 /

&OBST XB= 3.8,9.2, 18.0,18.2, 0.0,2.4 / vägg 484:487

&OBST XB= 2.2,9.2, 21.6,21.8, 2.0,2.4 / vägg 487:489
&OBST XB= 0.0,0.6, 21.6,21.8, 0.0,2.4 /
&OBST XB= 3.0,6.8, 21.6,21.8, 0.0,2.0 /
&OBST XB= 7.6,9.2, 21.6,21.8, 0.0,2.0 /

&OBST XB= 3.6,3.8, 21.8,25.2, 0.0,2.4 / schakt:489

&OBST XB= 6.4,6.6, 21.8,25.2, 0.0,2.4 / vägg 489:488

&OBST XB= 3.0,9.2, 25.2,25.4, 2.0,2.4 / vägg 489:490
&OBST XB= 3.0,5.6, 25.2,25.4, 0.0,2.0 /
&OBST XB= 6.4,9.2, 25.2,25.4, 0.0,2.0 /

&OBST XB= 3.0,3.8, 26.2,26.4, 0.0,2.4 / dass 491 och schakt
&OBST XB= 3.6,3.8, 26.4,28.8, 0.0,2.4 /

&OBST XB= 0.0,0.6, 28.8,29.0, 0.0,2.4 /vägg 490:493
&OBST XB= 2.2,9.2, 28.8,29.0, 0.0,2.4 /

&OBST XB= 3.6,3.8, 29.0,30.0, 0.0,2.4 / schakt:493
&OBST XB= 3.0,3.6, 29.8,30.0, 0.0,2.4 /

&OBST XB= 3.6,3.8, 30.8,32.4, 0.0,2.4 / dass 492
&OBST XB= 3.0,3.6, 30.8,31.0, 0.0,2.4 /

&OBST XB= 3.0,9.2, 32.4,32.6, 2.0,2.4 / vägg 493:495
&OBST XB= 3.0,6.8, 32.4,32.6, 0.0,2.0 /
&OBST XB= 7.6,9.2, 32.4,32.6, 0.0,2.0 /

&OBST XB= 3.6,3.8, 32.6,36.0, 0.0,2.4 / schakt:495

&OBST XB= 6.4,6.6, 32.6,36.0, 0.0,2.4 / vägg 495:494

&OBST XB= 2.2,9.2, 36.0,36.2, 2.0,2.4 / vägg 495:497

&OBST XB= 0.0,0.6, 36.0,36.2, 0.0,2.4 /

&OBST XB= 2.2,5.6, 36.0,36.2, 0.0,2.0 /

&OBST XB= 6.4,9.2, 36.0,36.2, 0.0,2.0 /

&OBST XB= 3.0,3.8, 37.0,37.2, 0.0,2.4 / dass 496A och 496B

&OBST XB= 3.6,3.8, 37.2,39.6, 0.0,2.4 /

&OBST XB= 2.2,9.2, 39.6,39.8, 0.0,2.4 / vägg 497:korridor 479 uppåt

&OBST XB= 0.0,9.2, 41.4,41.6, 2.0,2.4 / vägg 499:korridor 479

&OBST XB= 0.0,7.0, 41.4,41.6, 0.0,2.0 /

&OBST XB= 7.8,9.2, 41.4,41.6, 0.0,2.0 /

&OBST XB= 3.6,3.8, 41.6,50.4, 0.0,2.4 / vägg 465:498

&OBST XB= 4.8,5.0, 41.6,47.4, 0.0,2.4 / vägg 498:499

&OBST XB= 8.0,8.2, 41.6,44.4, 0.0,2.4 / vägg 499:501

&OBST XB= 5.0,9.2, 44.4,44.6, 0.0,2.4 / vägg 499:502

&OBST XB= 3.8,9.2, 47.4,47.6, 0.0,2.4 / vägg 502:505

&OBST XB= 3.6,9.2, 50.4,51.2, 0.0,2.4 / vägg 505:utomhus

TRAPPA TILL PLAN 2

&OBST XB= 11.0,14.0, 25.0,25.4, 0.0,2.4 / vägg 508:trapphus

&OBST XB= 12.8,13.0, 23.6,25.0, 0.0,2.4 /

&OBST XB= 14.0,16.4, 25.2,25.4, 0.0,2.4 / vägg mellan trappor

&OBST XB= 0.0,9.2, 41.4,41.6, 2.0,2.4 / parti brevid dörr

&OBST XB= 16.4,17.8, 23.6,27.2, 1.0,1.2 / trappavsats

&OBST XB= 9.8,11.2, 23.6,27.2, 2.4,2.6 / tak över nedre korridor

&OBST XB= 13.0,15.0, 23.6,27.2, 5.0,5.2 / tak som möter läktare

&OBST XB= 13.0,14.2, 23.6,27.2, 2.4,2.6 / golvplan från korridor som möter trappa

&OBST XB= 11.6,11.8, 25.2,27.2, 2.0,2.4 / dörr i 507

&OBST XB= 11.6,11.8, 25.2,26.2, 0.0,2.0 /

undertrappa

&OBST XB= 15.4, 15.8, 25.4, 27.2, 0.0, 0.2 /

&OBST XB= 15.6, 16.0, 25.4, 27.2, 0.2, 0.4 /

&OBST XB= 15.8, 16.2, 25.4, 27.2, 0.4, 0.6 /

&OBST XB= 16.0, 16.4, 25.4, 27.2, 0.6, 0.8 /

&OBST XB= 16.2, 16.6, 25.4, 27.2, 0.8, 1.0 /

övertrappa

&OBST XB= 16.0, 16.6, 23.6, 25.2, 1.2, 1.4 /

&OBST XB= 15.6, 16.2, 23.6, 25.2, 1.4, 1.6 /

&OBST XB= 15.2, 15.8, 23.6, 25.2, 1.6, 1.8 /

&OBST XB= 14.8, 15.4, 23.6, 25.2, 1.8, 2.0 /

&OBST XB= 14.4, 15.0, 23.6, 25.2, 2.0, 2.2 /

&OBST XB= 14.0, 14.6, 23.6, 25.2, 2.2, 2.4 /

läktare

&OBST XB= 17.2, 17.8, 23.6, 27.2, 3.6, 3.8 /

&OBST XB= 16.8, 17.4, 23.6, 27.2, 3.8, 4.0 /

&OBST XB= 16.4, 17.0, 23.6, 27.2, 4.0, 4.2 /

&OBST XB= 16.0, 16.6, 23.6, 27.2, 4.2, 4.4 /

&OBST XB= 15.6, 16.2, 23.6, 27.2, 4.4, 4.6 /

&OBST XB= 15.2, 15.8, 23.6, 27.2, 4.6, 4.8 /

&OBST XB= 14.8, 15.4, 23.6, 27.2, 4.8, 5.0 /

HUVUDKORRIDOR PLAN 2

&OBST XB= 11.2,13.0, 6.2,51.2, 2.4,2.6 / golv korridoren

&OBST XB= 11.2,13.0, 6.2,51.2, 5.0,5.2 / tak korridoren

&OBST XB= 11.0,11.2, 23.6,27.2, 2.4,5.2 / avskärmning mot gridnät

SIDOKORRIDOR PLAN 2 ÖVRE

&OBST XB= -14.0,11.2, 29.8,31.8, 2.4,2.6 / golv korridoren

&OBST XB= -14.0,11.2, 29.8,31.8, 5.0,5.2 / tak korridoren

SIDOKORRIDOR PLAN 2 UNDER

&OBST XB= -14.0,11.2, 20.4,22.4, 2.4,2.6 / golv korridoren

&OBST XB= -14.0,11.2, 20.4,22.4, 5.0,5.2 / tak korridoren