

# Brandteknisk riskvärdering av avdelningarna K81 och K83 på Karolinska universitetssjukhuset i Huddinge



Jenny Jangefelt Nilsson  
Jonas Olsson  
Johan Svensson  
Jonas Åström  
Lund 2008



**LUNDS UNIVERSITET**  
Lunds Tekniska Högskola



# Brandteknisk riskvärdering av avdelningarna K81 och K83 på Karolinska universitetssjukhuset i Huddinge

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

**Rapportnummer/Report number:**

9344

**Titel:**

Brandteknisk riskvärdering av avdelningarna K81 och K83 på Karolinska universitetssjukhuset i Huddinge

**Title:**

Fire safety evaluation of ward K81 and K83 in Karolinska University Hospital in Huddinge

**Författare/Authors:**

Jenny Jangefelt Nilsson, Jonas Olsson, Johan Svensson och Jonas Åström

**Abstract:**

This report is an evaluation of the personal safety at two orthopedic wards at Karolinska University Hospital in Huddinge, Sweden. No considerations have been taken to material or economic damage. Computer models have been used to simulate three scenarios. CFAST have been used to simulate smoke movement, smoke layer temperature, toxicity and visibility. A computer program called Escape and rescue model have been used to calculate egress time. Output from the two programs has been compared to see if all patients can be brought to safety before critical conditions are obtained.

The results weren't satisfying in neither scenario. To better the safety, a list of measures has been suggested at the end of the report.

**Nyckelord:**

CFAST, ERM, utrymning, Huddinge, ortoped, kritiska förhållanden, sjukhus

**Keywords:**

CFAST, ERM, egress, evacuation, Huddinge, orthoped, critical conditions, hospital

**Avdelningen för Brandteknik  
och Riskhantering**

Lunds Tekniska Högskola  
Box 118  
221 00 Lund  
Telefon: 046-222 73 00  
Hemsida: [www.brand.lth.se](http://www.brand.lth.se)  
E-post: [brand@brand.lth.se](mailto:brand@brand.lth.se)

**Department of Fire Safety Engineering and  
Systems Safety**

Lund Institute of Technology  
Box 118  
211 00 Lund, Sweden  
Telephone: +46 (0)46-222 73 00  
Homepage: [www.brand.lth.se](http://www.brand.lth.se)  
E-mail: [brand@brand.lth.se](mailto:brand@brand.lth.se)

## Förord

Vi vill tacka följande personer för deras hjälp att fullända denna rapport:

Marie Hansson, vår kontaktperson på Karolinska universitetssjukhuset

Marcus Abrahamsson, brandtekniks bästa handledare som såsom en fyr har guidat fyra vilsna studenter genom okunskapens mörka farvatten

Personalen på avdelningarna K81 och K83 som bistått med enkätsvar och intervjuer.

## Sammanfattning

Denna rapport behandlar utrymningssäkerheten på två av avdelningarna på Karolinska universitetssjukhuset i Huddinge. Avdelningarna är två ortopediska avdelningar där personer med exempelvis benfrakturer och nackskador behandlas. Den största patientbeläggningen på avdelningarna är 34 patienter, varav 75 procent, enligt uppgifter från personalen, kan antas vara sängbundna och behöva assistans av personalen vid en utrymning. Personalstyrkan uppgår under nattetid och semestertid till fyra stycken. Avdelningarna består av två korridorer som är förbundna med varandra via gemensamma rum. Från avdelningarna finns det två utrymningsvägar, en primär till angränsande avdelningar i samma plan och en sekundär nedför en trappa till avdelningen under. För att studera utrymningen väljs tre troliga brandscenarier ut för en närmre studie; brand i expeditionen, som är belägen mellan avdelningarna med öppningar ut till båda korridorerna, brand i patientdagrummet, vilken även den är belägen mellan avdelningarna och har öppningar till båda korridorerna, och slutligen ett patientrum närmst den primära utrymningsvägen. Scenarierna väljs att utspelas under natten då det finns minst personal och avdelningarna antages vara fullbelagda. I samtliga tre scenarier simuleras brandförloppet och utrymningen i datorprogrammen CFast respektive ERM. En tillfredställande utrymning kan inte ske i något scenario, bästa resultat nås i fallet med patientdagrummet där 24 av patienterna hinner utrymmas och sämsta i expeditionsbranden där 16 patienter hinner utrymmas.

De valda brandscenarierna påverkas i olika grad av en mängd olika variabler, däribland personalstyrkans storlek och tillväxthastigheten för bränderna. Ingen av dessa variabler har visat sig ha en avgörande påverkan för scenarierna om dessa varierar inom rimliga gränser. En ökning av personalstyrkan ger en bättre utrymning där fler patienter hinner utrymmas, men fortfarande hinner inte alla patienter utrymmas i samtliga scenarier. För att kunna få en tillfredställande utrymning måste därför åtgärder vidtas. Den viktigaste åtgärden som skall göras är en installering av ett sprinklersystem som är dimensionerat för att kunna begränsa en brand innan kritiska förhållanden uppstår. Ett alternativ till detta är en brandcellsindelning där varje rum blir en egen brandcell, på liknande sätt som hotell är utformade. Detektorer skall även finnas i samtliga rum utom toaletter, i nuläget saknas detta i två förråd. Även rutinerna och utbildningen ska ses över, så att samtliga anställda är säkra på vad de ska göra och hur vid en brand.

## Innehållsförteckning

1 Inledning .....	1
1.1 Syfte.....	1
1.2 Mål.....	1
1.3 Metod.....	1
1.4 Avgränsningar.....	1
2 Objektet.....	2
2.1 Avdelning K81 och K83.....	2
2.1.1 Patienterna.....	2
2.1.2 Personalen .....	3
2.2 Befintliga brandskyddsinstallationer .....	3
2.3 Ventilation.....	3
2.4 Boverkets byggregler .....	3
2.5 Observationer vid besök.....	4
3 Säkerhetsarbetet .....	5
3.1 Utbildning av personal .....	5
3.2 Säkerhetspärm .....	5
3.3 Rutiner vid larm.....	5
3.4 Systematiskt brandskyddsarbete .....	6
4 Intervjuer med personal.....	8
4.1 Enkätsammanfattning .....	8
4.2 Intervjusammanfattning.....	9
5 Utrymning .....	10
5.1 Utrymningsteori .....	10
5.2 Utrymningsmöjligheter.....	10
5.3 Personalens ansvar.....	11
5.4 Kritiska förhållanden.....	11
6 Brandscenarier.....	12
6.1 Statistik.....	12
6.2 Val av brandscenarier.....	12
6.3 Simuleringar .....	14
6.3.1 Brandförlopp.....	14
6.3.2 Utrymningsförlopp .....	15
6.3.3 Scenario expeditionen.....	15

6.3.3.1	<i>Dimensionerande brand</i> .....	16
6.3.3.2	<i>Brandförlopp</i> .....	17
6.3.3.3	<i>Utrymningsförlopp</i> .....	17
6.3.4	Scenario patientdagrum.....	18
6.3.4.1	<i>Dimensionerande brand</i> .....	18
6.3.4.2	<i>Brandförlopp</i> .....	20
6.3.4.3	<i>Utrymningsförlopp</i> .....	20
6.3.5	Scenario patientrum.....	20
6.3.5.1	<i>Dimensionerande brand</i> .....	20
6.3.5.2	<i>Brandförlopp</i> .....	21
6.3.5.3	<i>Utrymningsförlopp</i> .....	21
6.3.6	Utrymningssammanfattning.....	22
6.4	Alternativ till scenarier.....	22
6.4.1	Stängda dörrar.....	23
6.4.2	En dörr öppnas.....	23
6.4.2.1	<i>Beräkningar slutna korridor</i> .....	23
6.4.2.2	<i>Diskussion</i> .....	24
6.5	Brandgasspridning via ventilation.....	24
6.6	Känslighetsanalys.....	24
6.6.1	Personalstyrkan.....	24
6.6.2	Tillväxthastigheten för branden.....	25
6.8	Värdering av säkerhetsnivån innan åtgärder.....	26
7	Åtgärder och värdering av dessa.....	27
7.1	Åtgärder som skall genomföras.....	27
7.1.1	Sprinklers.....	27
7.1.2	Brandcellsindelning.....	27
7.1.3	Rutiner.....	28
7.1.4	Detektorer.....	28
7.1.5	Larmsystem.....	28
7.1.6	Hålla utrymningsvägar fria och olåsta.....	28
7.2	Åtgärder som bör genomföras.....	29
7.2.1	Syrgastuber.....	29
7.2.2	Timers.....	29
8	Slutsats.....	30



9 Källor .....	31
Bilaga 1. ERM.....	I
Bilaga 2. Tvåzonsmodellen och CFast.....	II
Bilaga 3. Ventilationsritning .....	IV
Bilaga 4. Statistik.....	V
Bilaga 5. Räddningstjänstens insatstid .....	VII
Bilaga 6. CFast-utdata.....	IX
Bilaga 7. Frågeenkät.....	XXI
Bilaga 8. Handberäkningar.....	XXII
Bilaga 9. ERM-utdata .....	XXIV

# 1 Inledning

Denna rapport är framtagen i kursen Brandteknisk riskvärdering hösten 2008. Rapportens huvudsyfte har varit att undersöka hur väl utrymning kan ske från ortopedavdelningarna K81 och K83 på Karolinska universitetssjukhuset i Huddinge. Tre brandscenarier har valts att undersökas närmare för att studera hur utrymningsmöjligheterna och tid till kritiska förhållanden varierar beroende på var i lokalerna det brinner.

## 1.1 Syfte

Syftet har varit att undersöka hur väl utrymning kan ske från avdelningarna i händelse av en brand men också att ge författarna kunskap i att arbeta med de metoder och verktyg som är nödvändiga för att ta fram en brandteknisk riskvärdering.

## 1.2 Mål

Målet är att avgöra om avdelningarna kan klara av en säker utrymning vid brand och vilka eventuella åtgärder som behövs för att höja säkerheten så att en sådan utrymning kan ske.

## 1.3 Metod

Platsbesök på objektet skedde den 18 september, där intervjuer av anställda samt undersökning av avdelningarna gjordes. Enkäter har även delats ut till en del av de anställda på avdelningen. För att studera utrymningen har programmet ERM (Se bilaga 1) använts och för att beräkna tid till kritiska förhållanden har programmet CFast (Se bilaga 2) använts.

## 1.4 Avgränsningar

Eftersom både avdelning K81 och K83 är belägna i samma brandcell tas båda med i bedömningen. Dock är de tre ljusgårdarna som ligger mellan avdelningarna egna brandceller som inte bedöms påverka utrymningssäkerheten på avdelningarna. Dessa har brandklassade fönster till avdelningarna och är även försedda med brandgasluckor placerade i taket.

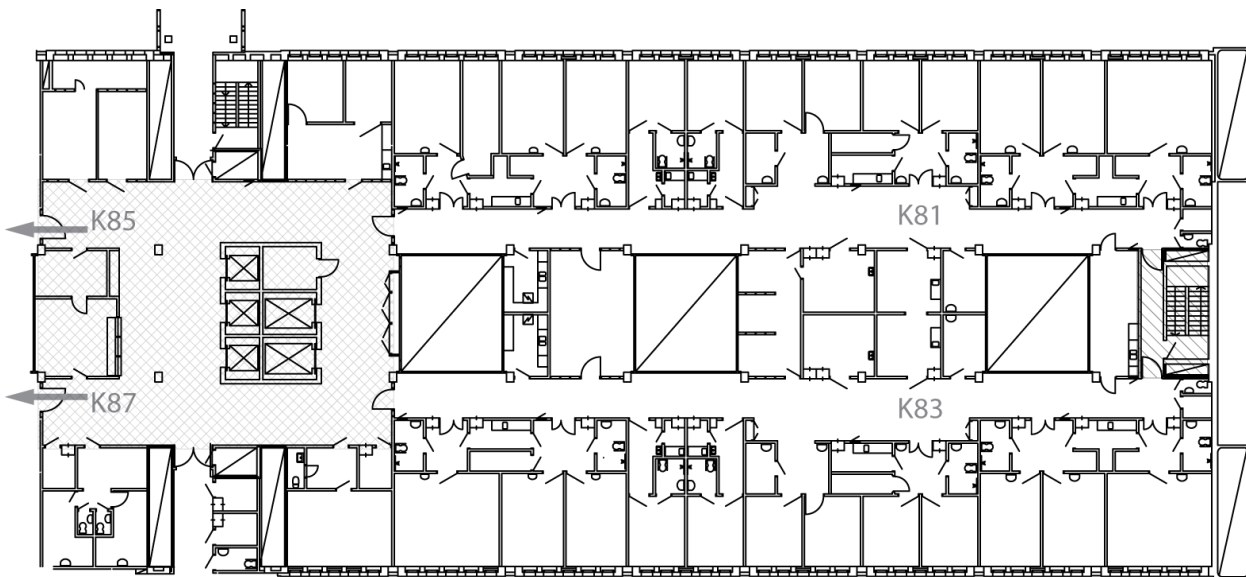
Tonvikten ligger på utrymning och personsäkerhet för personal och patienter, ingen hänsyn tas till egendomsskador eller ekonomiska förluster till följd av branden. I rapporten väljs tre brandscenarier ut som studeras närmare med avseende på brandförlopp och utrymning. Samtliga scenarier väljs till att utspelas under natten eftersom personalstyrkan då är som minst.

## 2 Objektet

Nedan följer en beskrivning av verksamhet, uppbyggnad och befintliga brandskyddsinstallationer på avdelningarna. Även boverkets byggregler samt observationer vid besök tas upp.

### 2.1 Avdelning K81 och K83

Båda avdelningarna är ortopediska avdelningar belägna i samma brandcell. Avdelningarna är belägna högst upp i huset, på åttonde våningen, och består av två parallella korridorer med gemensamma rum mellan. Sammanlagt finns det 69 rum, varav 16 är patientrum. Övriga rum är förrådsrum, desinfektionsrum, medicinrum, tvättrum, kontor, dagrum, kök, lunchrum och toaletter (se Figur 1). Mellan avdelningarna finns tre ljusgårdar som sträcker sig från våning fyra och upp till taket. Fönstren till ljusgårdarna är brandklassade. Dörrar till patientrummen, patientdagrummet samt andra utrymmen där sängbundna patienter vistas är 1,1 meter breda. Övriga dörrar är vanliga 0,9 meter breda standarddörrar. Inga dörrar förutom de ut från avdelningarna är brandklassade. Takhöjden i patientrummen är 2,6 meter och i övriga rum 2,4 meter.



Figur 1. Avdelning K81 och K83 med markerad hisshall till vänster och trapphus till höger.

#### 2.1.1 Patienterna

På avdelningarna finns det maximalt 34 patienter samtidigt. Ortopedavdelningarna hyser både patienter som väntar på operation och patienter som varit på operation. Skador som patienterna söker vård för är bland annat nackskador och benfrakturer. Enligt uppgift från personalen på avdelningen är ungefär 75 procent av de intagna sängbundna och därmed beroende av personalens assistans vid en utrymning. En hög andel av de intagna är äldre människor där även en del av de som inte är sängbundna kan behöva hjälp av personalen vid utrymning.

## 2.1.2 Personalen

På dagtid uppgår personalstyrkan på avdelning K81 och K83 till cirka 20 personer. Avdelning K81 är en av sjukhusets utbildningsavdelningar och där befinner sig normalt åtta-nio studenter och två handledare. Denna personal arbetar dock bara dagtid, under nattetid och semesterperioder har personalen på K83 även K81 på sitt ansvar. Personalen på avdelning K83 arbetar i tre skift; 7.00–15.30, 13.30–21.30 och 21.00–07.15. Under det sistnämnda passet är bemanningen på K83 fyra anställda. Detta innebär, vid full patientbeläggning, 34 patienter på fyra anställda under nattetid.

## 2.2 Befintliga brandskyddsinstallationer

Brandskyddet på avdelningarna består av en handbrandsläckare och en brandfilt i vardera korridor. Dessa är placerade ungefär i mitten av korridorerna. Innanför dörrarna från hisshallen till avdelningarna finns inomhusbrandposter placerade. Sådana finns även i andra änden av korridorerna, precis vid trapphuset. Totalt finns det alltså fyra inomhusbrandposter på avdelningarna.

I avdelning K81 finns tre paneler för nödavstängning av syrgas till patientrummen, i korridor K83 finns två sådana. Panelerna sitter spridda i korridorerna beroende på vilka patientrum de styr.

I korridorerna finns sex joniserande rökdetektorer installerade, tre i varje korridor. Joniserande detektorer finns även monterade i alla rum utom i toaletter, kök och desinfektionsrum och vissa förråd. I desinfektionsrummen och köken finns istället värmedetektorer monterade. Värmedetektorerna detekterar vid en maxtemperatur av 57°C.

## 2.3 Ventilation

Då ventilationsritningar över K81 och K83 ej gått att få fram, bygger följande resonemang på ritningarna för våningen under K81 och K83 (Se bilaga 3).

Enligt ritningar över ventilationen löper tilluftkanaler längs ytterväggarna. Dessa betjänar samtliga patientrum och expeditioner längs långsidornas ytterväggar. Ytterligare en tilluftkanal löper längs korridorerna som betjänar korridoren och rummen mellan avdelningarna. De tre tilluftkanalerna är skilda från varandra så att brandgas inte kan spridas mellan dem. Detta innebär att alla patientrum och expeditioner i respektive avdelning är sammankopplade genom tilluftkanalerna. Samtliga rum mellan avdelningarna samt korridorerna är även de sammankopplade genom samma tilluftkanal.

En frånluftkanal finns på varje avdelning som är kopplad till frånluftdon i varje rum.

## 2.4 Boverkets byggregler

Boverkets byggregler, BBR, är en samling föreskrifter och allmänna råd till följande förordningar och lagar vid byggande: plan- och bygglagen, plan- och byggförordningen, lagen om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk med mera och förordningen om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk med mera. En del av dessa föreskrifter behandlar brandskydd och innehåller råd om hur till exempel vårdavdelningars brandskydd ska utformas. Dock bör poängteras att BBR inte är retroaktiv och kan alltså inte göras gällande för byggnader som uppförts före föreskriftens tillkomst. Detta gör att nuvarande BBR inte kan tillämpas på avdelningarna i denna rapport. Dock kan den användas för att ge en uppfattning om hur brandskyddet borde vara utformat.

Objektet i denna rapport klassas enligt BBR (2008) som en Br1-byggnad, vilken är det högsta brandtekniska kravet en byggnad kan få. Kraven bestäms utifrån hur stor risken för personskador kan bli vid

en eventuell brand och denna risk bedöms som hög på avdelningarna. Objektet består av en brandcell där det enligt BBR (2008) ska finnas två av varandra oberoende utrymningsvägar. En utrymningsväg leder antingen direkt till det fria eller till en säker flyktplats. En säker flyktplats är en annan brandcell i samma byggnad, där personer inte utsätts för någon påverkan från branden. Enligt BBR (2008) är det tillåtet att utrymma en vårdanläggning via en brandcell in till ny brandcell med kravet att brandgaser inte får spridas mellan olika avdelningar. Vidare ställs kravet att korridorer inom samma vårdavdelning skall vara avskilda i minst klass E30 från angränsande rum. Vid besök på avdelningen kontrollerades om det fanns någon klassificering på dörrarna, men då detta ej fanns antas dörrarna mot korridorerna inte vara brandklassade.

Krav ställs även på tak- och väggbeklädnaden. I utrymningsvägar skall tak- och väggbeklädnad vara av obrännbart material. I övriga utrymmen skall väggbeklädnad vara av lägst klass II fäst på obrännbart material och takbeklädnaden vara av lägst klass I.

## 2.5 Observationer vid besök

Vid besöket gjordes en del observationer som skulle kunna påverka hur utrymningen och brandförloppet sker. En av dessa observationer var att dörren till trapphuset (se Figur 1) var låst utifrån. Dörren gick dock fortfarande att öppna inifrån. Detta gällde för alla dörrar in till avdelningarna från trapphuset ned till fjärde våningen där trappan slutade. Detta skulle innebära att vid en brand skulle personalen vara tvungna att utrymma patienter ner till fjärde våningen och sedan ej kunna ta sig in till avdelningen igen och utrymma fler patienter.

Ytterligare en observation som gjordes var att dörrarna i patientdagrummet stod uppställda med stolar. Vid en brand skulle detta innebära att tiden innan dörrarna kan stängas förlängs.

Då brandlarmet går på en avdelning kallas personal från angränsande avdelningar, dessa skall undersöka vad som har hänt och assistera om hjälp behövs. En vecka innan platsbesöket hade en brödrost aktiverat brandlarmet på objektet. Noterbart är att ingen personal från angränsande avdelningar uppsökt larmande avdelning. Skäl till detta skulle kunna vara att personal ej uppmärksammat larmet eller inte förstått innebörden av signalen.

## 3 Säkerhetsarbetet

Säkerhetsarbetet på Karolinska universitetssjukhuset drivs av sjukhusets säkerhetsavdelning, vars verksamhetsområden bland annat består av brandskydd och personskydd inklusive patientsäkerhet. Avdelningen ansvarar även för att ta fram brandskyddsutbildningar för sjukhusets personal. Hur säkerhetsarbetet och hur personalens utbildning bedrivs beskrivs nedan.

### 3.1 Utbildning av personal

All ny personal genomgår, innan de börjar, en webbaserad kurs som avslutas med ett prov bestående av 10 frågor om brand och allmän säkerhet på sjukhuset. Denna kurs skall genomgå innan anställning påbörjas och ett godkännande krävs för att den anställde i fråga skall få ut sitt passerkort. Kursen kom till 2006 men personal som anställdes innan kursen kom till behöver inte genomgå denna. Tidigt under anställningen skall den nyanställda förevisas hur brandskyddet fungerar på sin avdelning, få kännedom om brandsläckningsutrustnings och utrymningsvägars placering samt vilka rutiner som gäller vid brand och utrymning. Inom ett år efter anställning skall en vidareutbildning med både teoretiska och praktiska delar genomgå. Den praktiska delen består av hantering av handbrandsläckare och brandfilt. Förnyelse av passerkort skall ske vart fjärde år och i samband med detta genomgå en uppgradering av de teoretiska kunskaperna. Inom ett intervall på ett till sex år, beroende av arbetsuppgift, skall den anställde genomgå en ny praktisk brandskyddsutbildning. Det är dock upp till var och en att själv anmäla sig till utbildningen. På avdelningen finns även en säkerhetspärm som ska vara tillgänglig för alla i personalen. De intervjuer med personalen som gjordes vid platsbesöket gav dock intrycket att utrymningsrutinerna snarare baserades på personalens egna initiativ än på de rutiner som finns dokumenterade i säkerhetspärmen.

### 3.2 Säkerhetspärm

För att försäkra att säkerhetsarbetet på Karolinska sjukhuset i Huddinge sköts som det är tänkt har det upprättats en säkerhetspärm. Denna innehåller ett stort avsnitt om brandsäkerhet där personalen bland annat kan se vad som förväntas av dem i olika situationer. Varje händelse som anses vara sannolik beskrivs här kort, och följs av information om vilket agerande som förväntas av personalen.

Även områden som användandet av levande ljus, hantering av gasflaskor och krav för inkoppling av elapparater regleras i säkerhetspärmen.

### 3.3 Rutiner vid larm

Beläget i höjd med expeditionen på avdelning K83 är en larmstapel placerad (Se Bild 1). Denna består av ett signaldon och två lampor; ett rött blixtljus och ett vitt blixtljus. Då en detektor aktiveras på någon av avdelningarna kommer dessa tre att signalera och larma personal och patienter. Personalen har nu ansvaret för att snabbt lokalisera larmkällan och vid brand släcka om det bedöms som möjligt. Personalen skall även stoppa syrgasflödet till brandrummet genom att dra i ett nödavstängningsreglage. Vid detektion går även larm till väktare i byggnaden som omedelbart skall ta sig till platsen med handbrandsläckare.

På angränsande avdelningar kommer det vita blixtljuset på larmstapeln att aktiveras, detta innebär att personal här skall söka information om vad som hänt och vid behov hjälpa personal på den avdelning där brandlarm utlösts. Det automatiska brandlarmet varskor räddningstjänsten men dessa betraktar detta till en

början först som en teknisk indikering och åker därför till en början i normal trafikrytm till objektet. För att räddningstjänsten skall betrakta larmet som skarpt krävs att personal på avdelningarna även ringer till SOS larmcentral.



Bild 1. Larmstapeln på avdelning K83. Vid larm på egen avdelning ljuder larmet och det röda blixtljuset blinkar. Vid larm på närliggande avdelning blinkar endast det vita blixtljuset.

### 3.4 Systematiskt brandskyddsarbete

Enligt Räddningsverkets allmänna råd 2004:3 (SRVFS 2004:3) skall systematiskt brandskyddsarbete (SBA) bedrivas av både fastighetsägare och nyttjare i alla typer av byggnader. För ett flertal verksamheter och byggnader skall SBA dokumenteras och följande delar bör enligt Jönsson och Frantzich, 2005 ingå:

- Policy och ansvar
- Beskrivning av brandskyddet
- Risker och åtgärdsplan
- Organisation
- Kontroll- och underhållsrutiner
- Instruktioner, regler och rutiner
- Utbildning, information och övning

Denna dokumentation skall fungera både som ett verktyg för de inom verksamheten som arbetar med brandskyddet, men också fungera som underlag vid den brandskyddsredogörelse som skall lämnas till kommunen. SBA-dokumentationen skall även finnas tillgänglig då bland annat räddningstjänsten och myndigheter utför tillsyn.

På Karolinska universitetssjukhuset är varje avdelning ansvarig för att minst en gång i månaden genomföra en egenkontroll av brandskyddet. Denna redogörelse, med eventuell felrapportering, ska sedan lämnas till sjukhusets säkerhetsavdelning. På grund av en tidigare låg frekvens i utövandet av SBA har säkerhetsavdelningen infört ett nytt system med en ny och förenklad ”egenkontrollritning avseende brand”, där tanken är att ingen expertkunskap skall vara nödvändig utan alla inom personalen ska kunna hantera verktyget. Egenkontrollritningen är uppbyggd som en översiktskarta över till exempel avdelningen, där symboler markerar de objekt eller inventarier (till exempel branddörrar och brandsläckare) som skall ses över. På kartans baksida kan även läsas hur funktionskontrollen skall gå till, det vill säga vilken funktion som varje markerat objekt på kartan skall upprätthålla. Säkerhetsavdelningen har också tagit fram en förenklad avrapportering för detta system, vilket innebär att den person som genomfört egenkontrollen på sin avdelning loggar in på en hemsida, anger vilken avdelning det gäller och därefter anger om, och i så fall vilka, fel som har upptäckts. Då fel har konstaterats på någon del i avdelningen skickas vid avrapporteringen en arbetsorder till ansvarig servicepersonal med en specifikation om vad som behöver åtgärdas.



## 4 Intervjuer med personal

För att få en uppfattning om hur personalen på avdelningarna K81 och K83 tycker brandskyddsarbetet fungerar och hur väl utbildade de själva anser sig vara inom detta område har en enkätundersökning genomförts. Därutöver har en platsintervju genomförts med några ur personalen. Frågorna har i huvudsak behandlat personalens förmåga att kunna hantera ett brandförlopp och en eventuell utrymning.

### 4.1 Enkätsammanfattning

En enkätundersökning (Se bilaga 7) bland personalen på avdelningarna gjordes i september hösten 2008. Bland de 19 personer som svarade på enkäten fanns flera yrkesroller representerade och det fanns även en variation i de tillfrågades anställningstid. I enkätundersökningen ansåg de flesta svarande att det behövdes mer utbildning och övningar för vad som ska göras vid en eventuell brand (Se Diagram 1). Det framkom även önskemål om att få genomföra övningar mer regelbundet och oftare, minst en gång om året. Ytterligare ett önskemål var att övningarna skulle vara mer realistiska. En åsikt var att ”det vore bra med en brandövning på avdelningen för att all personal ska bli bra på att arbeta ihop vid brand, så alla vet sin uppgift”.

Nästantill alla svarande på enkäten har genomfört en brandskyddsutbildning, men för de allra flesta var det mer än fyra år sedan (Se Diagram 2). En del har dock inte genomgått någon utbildning alls, och för en anställd på avdelningen var det elva år sedan personen senast genomgick någon utbildning inom brandsäkerhet.

Sammanfattningsvis vill de anställda ha mer utbildning och fler övningar som är mer verklighetstroga. De vill även få öva regelbundet med sina arbetskolleger så de är mer förberedda och alla vet vad de ska göra vid en eventuell brand på avdelningen.



Diagram 1. Andel som anser att mer utbildning krävs.

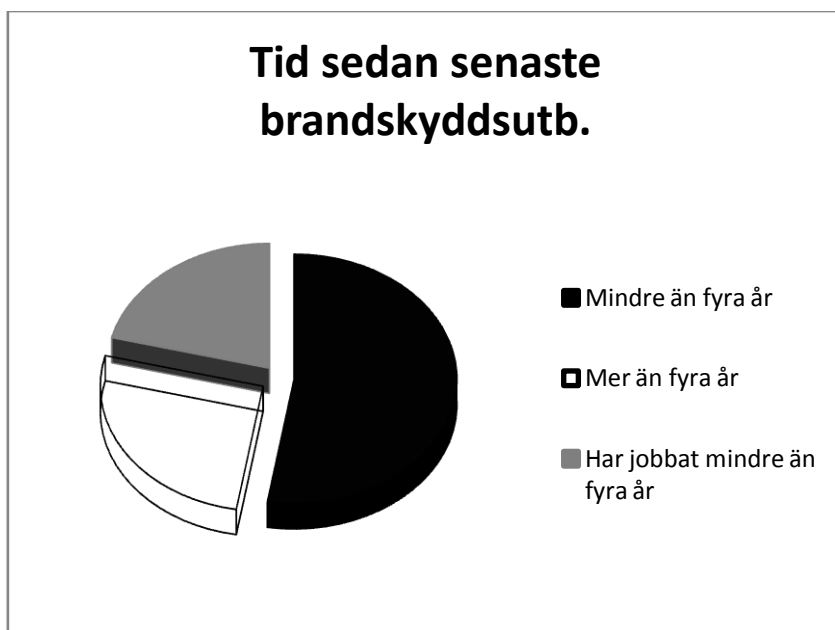


Diagram 2. Tid sedan senaste brandskyddsutbildning.

## 4.2 Intervjusammanfattning

Fyra i personalen inklusive chefsjuksköterskan intervjuades vid besöket i september 2008 angående rutiner och brandsäkerhet på avdelningarna. Enligt chefsjuksköterskan är personalen väl införstådd med hur de skall handla vid en utrymning, det vill säga vilka rutiner som skall följas och vilka åtgärder som behöver göras. Dock har det inte genomförts någon utrymningsövning eller förts någon diskussion på avdelningen om hur en utrymning praktiskt skall gå tillväga utan tilliten sätts till de kunskaper personalen skaffat sig under brandskyddsutbildningen.

De övriga tre i personalen som intervjuades fick bland annat besvara frågor på hur de skall handla vid en utrymning. Svaren var i stort sett enhetliga och de ansåg att de visste hur de skulle gå tillväga vid en utrymning. Samtliga intervjuade, inklusive chefsjuksköterskan, ansåg dock att det behövdes fler övningar. En del kände en viss osäkerhet om hur brandfilter, skum- och koldioxidsläckare skulle användas och ville ha mer övning inom det området. Även övning av utrymning av avdelningarna efterfrågades, bland annat hur sängar och madrasser på bästa sätt ska hanteras vid en utrymning av sängliggande patienter. Som exempel nämndes att de nackskadade patienterna behöver speciell omtanke vid utrymning så deras skador inte förvärras vid utrymningen. Den övriga personalens attityd till de befintliga övningarna ansågs av de intervjuade vara varierande. Det upplevdes som att färre anmälde sig med det nuvarande systemet där anmälan sker individuellt jämfört med tidigare då anmälan genomfördes gruppvis.

De intervjuade, utom chefsjuksköterskan, tillfrågades även vad de tror resultatet av en utrymning vid brand skulle bli. Samtliga trodde att en utrymning under dagtid skulle lyckas väl då det finns gott om personal på avdelningarna. Nattetid däremot, med låg personalstyrka, var de eniga om att en utrymning av samtliga patienter troligtvis skulle ta alldeles för lång tid om inte personal från andra avdelningar infann sig och assisterade.

## 5 Utrymning

I detta kapitel beskrivs utrymningsteori, hur utrymningstider beräknats för avdelningarna samt personalens ansvar vid en utrymning. De förhållanden som uppstått då utrymning inte längre anses tillfredställande enligt BBR kallas kritiska förhållanden. Även dessa presenteras nedan.

### 5.1 Utrymningsteori

Utrymning skall enligt Boverkets byggregler ske antingen direkt till det fria eller till en säker flyktplats inom byggnaden. När utrymningstid skall beräknas måste tre faktorer tas i beaktande; varselblivningstid, tid för beslut och reaktion samt förflyttningstid. Dessa tre faktorer utgör den totala utrymningstiden och den totala tiden för dessa får ej överstiga tiden till kritiska förhållanden om en säker utrymning skall kunna ske.

Varselblivningstiden är den tid det tar från att branden startar till dess att den upptäcks. I de fall brandlarm finns kan denna tid uppskattas till den tid det tar för brandlarmet att aktivera.

Besluts- och reaktionstiden är den tid det tar från varselblivning tills dess det uppfattas vad som hänt och tagit beslut om vad som skall göras. Denna tid är svår att uppskatta eftersom den beror på många yttre aspekter såsom enskilda individers utbildning med mera. Försök har gjorts (Frantzieh, 2001) och det har konstaterats att i sjukhusavdelningar som består av två parallella korridorer, precis som i fallet i denna rapport, blir besluts- och reaktionstiden längre än om det varit en enda korridor. Anledningen till detta tros vara att det uppstår svårigheter att bilda en bra uppfattning om situationen. Försöket visade dock att sjukhuspersonal överlag reagerar fort, troligen eftersom de i sina normala arbetsuppgifter är vana att reagera på olika larm och signaler från sina patienter. I försöket anges att tiden för beslut- och reaktionstiden hos personalen på en avdelning som ser ut som de i denna rapport kan vara upp till 3 minuter.

Tiden för förflyttning är relativt lätt att uppskatta och beräkna. Det är tiden det tar för alla personer att förflytta sig till säkerhet och eftersom avstånd ofta är kända och hur fort personer rör sig går att ta reda på kan den antingen beräknas för hand eller simuleras i ett datorprogram. Förflyttningstiderna i denna rapport beräknas med datorprogrammet ERM.

Problematiken med att uppskatta varselblivningstiden och tiden för beslut och reaktion gör att det är svårt att fastslå en utrymningstid. Svårast är tiden för beslut och reaktion eftersom den beror väldigt mycket på den mänskliga faktorn. För att kringgå detta problem kan olika metoder användas. Istället för att beräkna hur lång tid varje moment tar och lägga ihop dessa till en utrymningstid som sedan jämförs med tiden till kritiska förhållanden uppstår kan problematiken vändas på. Eftersom det ofta finns en uppfattning om tiden till kritiska förhållanden och förflyttningstid går det att ta reda på hur lång tid varselblivning och beslut- och reaktion kan tillåtas ta.

### 5.2 Utrymningsmöjligheter

För avdelningarna i denna rapport är det tänkt att utrymning i första hand skall ske till de avgränsande avdelningarna K85 och K87 på andra sidan hisshallen eller i andra hand ner för trappan till våningen under. Dessa platser ligger i andra brandceller och är att se som säker flyktplats. Enligt personalen på avdelningarna är 75% av patienterna oförmögna att utrymma själva och i händelse av brand skall de som inte kan gå själva rullas ut i sina sängar. Detta gör det i praktiken omöjligt att utrymma ner för trappan. Lägg därtill det faktum att några patienter har skador i nacke och rygg så inses att det inte är lämpligt att utrymma dessa nedför en trappa. Trappan ses därför som en sekundär utrymningsväg som endast bör användas som sista utväg.

## 5.3 Personalens ansvar

Vid en utrymning ligger ansvaret hos sjukvårdspersonalen på avdelningen att samtliga patienter sätts i säkerhet. Personalen kan inte, under den tid som utrymning betraktas möjlig, räkna med någon hjälp från räddningstjänst då dessa har en framkörningstid som överstiger den tid då livräddning kan vara aktuell (Se bilaga 5). Detta innebär att personalens rutiner och kunskaper om brand och livräddning kommer att vara avgörande för det fall då en brand uppstår och en utrymning måste genomföras snabbt.

## 5.4 Kritiska förhållanden

Kritiska förhållanden är de förhållanden som inte tolereras att personer utsätts för vid utrymning. I BBR, 2008 kan följande rekommendationer läsas:

*Siktbarhet:* En brandgasnivå på lägst  $1,6 + (0,1 \times H)$  meter, där H är rums höjden, eller en siktsträcka på minst 10 meter i okänd miljö och minst 5 meter i känd miljö (bostäder och kontor).

*Värmestrålning:* En maximal strålningsintensitet på  $2,5 \text{ kW/ m}^2$  eller en kortvarig strålningsintensitet på max.  $10 \text{ kW/ m}^2$ , samt en maximal strålningsenergi på  $60 \text{ kJ/ m}^2$  utöver energin från en strålning på  $1 \text{ kW/ m}^2$ .

*Temperatur:* Högst  $80 \text{ }^\circ\text{C}$  lufttemperatur.

De kritiska förhållanden som använts i denna rapport är när brandgaslagret överstiger en temperatur på  $80^\circ\text{C}$  eller när sikten i lagret understiger 10 meter, beroende på vilket som inträffat först. Detta är alltså detsamma som rekommenderas i BBR, 2008. För att dessa kriterier ska ge kritiska förhållanden måste även brandgaslagrets höjd vara under 1,8 meter beräknat med aktuella takhöjder.

Krav ställs även på att personer inte utsätts för skadliga doser giftiga gaser under utrymning. Följande gaser och koncentrationer utgör gränsvärden för kritiska förhållanden: (Jönsson och Frantzich, 2005)

CO <2000 ppm

CO<sub>2</sub> <5%

O<sub>2</sub> >15%

## 6 Brandscenarier

För att kunna utvärdera objektets brandskydd har ett flertal scenarier valts ut. Ingen hänsyn tas till strukturella skador eller egendomsskador utan all fokus ligger på utrymningsmöjligheter för personal och patienter. Vidare har statistik från räddningstjänstens databas använts för att uppskatta troliga scenarier. Samtliga scenarier antas äga rum nattetid då personalstyrkan på avdelningarna är som minst vilket skulle vara det mest allvarliga ur utrymningssynpunkt.

### 6.1 Statistik

För att undersöka vilka de vanligaste brandorsakerna på sjukhus är användes statistik från räddningstjänstens insatser. Denna statistik finns, för åren 1996 till och med 2007, samlad i databasen IDA (Räddningsverket, 2007). Totalt omfattar denna 1259 bränder i sjukhus.

Databasen användes även för att kontrollera vid vilken tid på dygnet de flesta bränder inträffade, när de flesta personskadorna på grund av brand erhöles samt brandens omfattning då räddningstjänsten påbörjade sin insats. I bilaga 4 redovisas diagram för den data som nedanstående resonemang bygger på.

I statistiken kan avläsas att antalet bränder är som lägst mellan klockan 00 och klockan 07, därefter stiger antalet fram till klockan 19. Andelen bränder per timma är då ungefär 5% större än vid den lägsta frekvensen. Personskadorna på grund av bränder är däremot flest mellan klockan 17 och 23. Eftersom antalet personskador totalt var 79 blir detta ett ganska osäkert underlag för noggrannare analys, men trots detta kan det ses att en stor del av skadorna erhålls efter klockan 21. Eftersom bemanningen vid denna tid på dygnet även är som minst blir detta en väldigt kritisk period, vilket återspeglas i valet av scenarier.

Vanligaste orsaken för brand på sjukhus är ”Anlagd med uppsåt”, men eftersom denna statistik även innefattar många vårdavdelningar där personer med psykiska problem behandlas, antas risken för anlagd brand på ortopedavdelningen i Huddinge vara mindre än snittet på sjukhus. Sannolikheten för anlagd brand anses vara lika stor i samtliga rum på objektet. Detta väljs därför inte som enskild brandorsak i något av scenarierna. Istället väljs scenario efter att troligaste orsaken för brand på ortopedavdelningen anses vara ”Tekniskt fel” och därefter ”Glömd spis”, ”Rökning” och ”Värmeöverföring”.

I statistiken kan avläsas att det är väldigt ovanligt att branden sprider sig vidare från startföremålet, och att det endast i knappt 25% av fallen brinner överhuvudtaget när räddningstjänsten anländer.

Även vilket startutrymme som är vanligast att branden startar i kontrollerades och statistiken visar på att patientrum är vanligast, kök näst vanligast och därefter toaletter/badrum. Patientrum och kök behandlas nedan, men på grund av den låga brandbelastningen på toaletterna anses de mindre intressanta ur utrymningssäkerhetssynpunkt än de övriga rummen. Dessa behandlas vidare i kapitlet åtgärder.

### 6.2 Val av brandscenarier

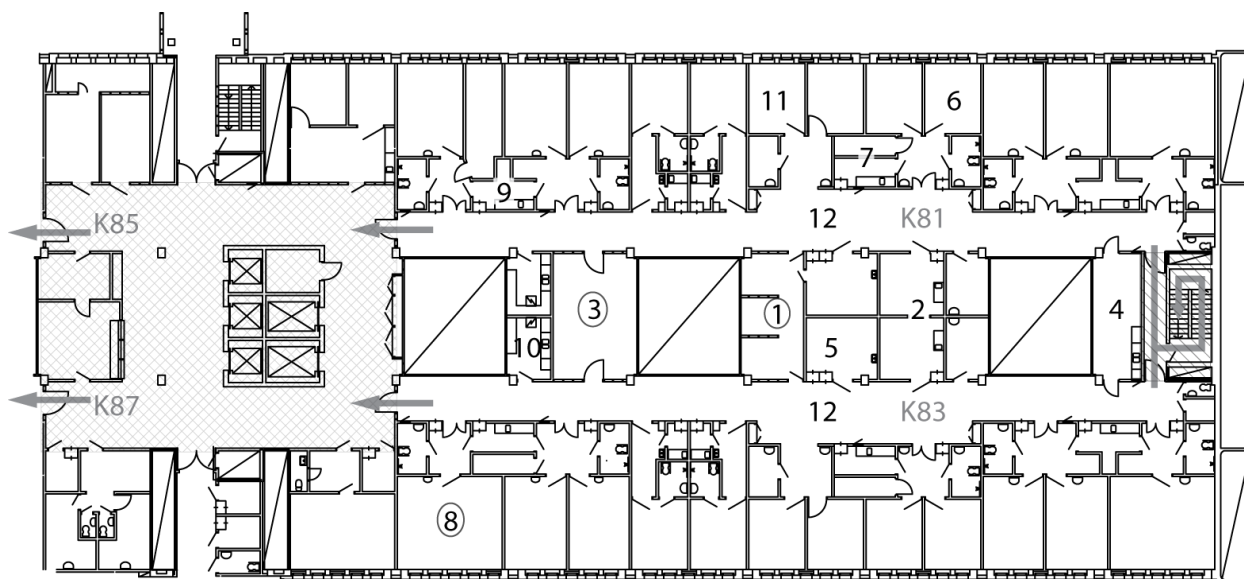
Som utgångspunkt valdes 12 möjliga brandscenarier (Se figur 2). Eftersom fokus ligger på utrymning kommer det mest avgörande för scenarierna vara hur snabbt brandförloppet går och hur mycket brandgaser som produceras. Dessa scenarier diskuteras nedan.

1. Expeditioner– Hög brandbelastning. Innehåller mycket papper, pärmar och elektronik i form av datorer. Troligaste orsaken till brand anses vara antändning i datorerna eller skrivaren. Branden har stor möjlighet till spridning, i stort sett alla väggar har bokhyllor fyllda med papper och pärmar.

Expeditionerna är belägna mitt i mellan avdelningarna med dörröppningar till båda korridorerna och en brand här skulle därmed kunna resultera i att brandgaser sprids till bägge korridorerna. En brand här skulle få stora konsekvenser och beräkningar kommer därför att utföras för detta scenario.

2. Tvättrum – Relativt hög brandbelastning. Innehåller skummadrasser, kuddar, kläder, handdukar och blöjor. I rummet finns även en steriliseringsapparat placerad. Troligaste orsaken till en brand här anses vara att steriliseringsapparaten antänder. Trots att potential finns för hög brandgasutveckling så är brandspridningsrisken från steriliseringsapparaten osannolik. Även om en brand i detta rum kan anses vara intressant betraktas en brand i expeditionen ge ett likartat, men aningen värre, scenario. Därför utförs inga beräkningar för detta rum.
3. Patientdagrum – Brandbelastningen är måttlig men rummets placering, nära primära utrymningsvägar, gör det intressant. Utgångarna från rummet leder till bägge korridorerna. Rummet innehåller brödrost, kylskåp och mikrovågsugn vilka alla kan vara potentiella tändkällor. Utöver detta finns bord och trästolar med stoppning, gardiner samt en bokhylla med böcker. En brand i rummet skulle ge brandgasspridning till bägge korridorerna och försvåra utrymning till primär utrymningsväg. Detta gör scenariot intressant och beräkningar kommer därför att utföras.
4. Personaldagrum – Rummet innehåller mikrovågsugnar, kylskåp, frysar, soffa, bord med stolar i trä samt ett stort antal tidskrifter. Rummets placering i förhållande till utrymningsvägar gör att detta rum ej blir lika intressant jämfört med rum belägna närmare primär utrymningsväg. Beräkningar kommer därför ej att utföras för detta scenario.
5. Förråd – I rummet förvaras diverse förbrukningsvaror såsom bandage, plåster och plastartiklar. Här förvaras även tre stycken syrgastuber och diverse kemiska artiklar. Då ingen egentlig antändningskälla finns, blir rummet ointressant. Som i fallet med tvättrummet ger expeditionen ett liknande, men lite värre, brandförlopp som gör att beräkningar på expeditionen är mer intressanta.
6. Kontor – Brandbelastningen är liten och placeringen förvärrar inte utrymningen nämnvärt jämfört med andra rum. Därför görs inga vidare beräkningar på detta rum.
7. Återvinningsrum och förråd – Brandbelastningen är stor, men risken för antändning bedöms som liten. Avsaknaden av rökdetektor i rummen är dock intressant. En brand i något av dessa rum bedöms dock inte ge lika allvarligt scenario som det i expeditionen och därför utförs inga beräkningar för dessa rum.
8. Patientrum för 4 pers – Potentiella brandkällor är tv-apparaterna, rökning i säng och brand anlagd av patient. Just detta patientrums placering försvårar utrymning för avdelning K83 via den primära utrymningsvägen, då det är beläget precis vid utgången. Av de två avdelningarna är K83 den med flest patienter och dessa kommer vid en brand i patientrummet att få utrymma via K81. Därför kommer fler patienter få utrymma en längre väg än om det hade brunnit på K81. Detta gör scenariot intressant och vidare beräkningar kommer utföras.
9. Desinfektionsrum – Rummet är litet och innehåller få brännbara material. Att antändning skulle ske kan anses osannolikt. Rummet betraktas ej som intressant för vidare beräkningar.
10. Kök – Inga beräkningar kommer att göras på köket då det är beläget mellan patientrum och patientdagrum för vilka beräkningar ska utföras. En brand här anses bli likvärdig med en brand i patientrummet.
11. Undersökningsrum – Placeringen av rummet innebär att brandgaser endast kommer spridas till avdelning K81, jämfört med en brand i expeditionen som skulle ge brandgaser ut till båda avdelningarna. I undersökningsrummet finns dessutom mindre andel brännbart material än vad som finns i expeditionen. Detta medför att undersökningsrummet inte kommer studeras vidare.

12. Korridor – En brand i korridoren kommer upptäckas relativt tidigt och det antas att personalen själva kan släcka branden. I jämförelse med en brand i ett patientrum har även korridoren mindre brandbelastning. Därför kommer ej beräkningar göras på korridoren.



Figur 2. Visar rummen i ovan nämnda scenarier. Rummen med inringad siffra är de scenarier som studeras vidare.

## 6.3 Simuleringar

Nedan presenteras hur brandförloppet och utrymningsförloppet har simulerats.

### 6.3.1 Brandförlopp

De effektutvecklingar som har använts i respektive scenario utgår från värden hämtade ur rapporterna Initial fires (Särdqvist, 1993) och Development of a Simple Estimation Method of Heat Release Rate based on Classification of Common Combustibles into Category Groups (Akiko Natori mfl, 2006). Samtliga bränder bygger på alfa-t<sup>2</sup>-modellen där värdet för tillväxthastigheten hämtats ur samma källor som ovan.

I samtliga scenarier används CFast (Se bilaga 2) för att simulera brandförloppet. I de fall som har simulerats är samtliga dörrar till brandrummet öppna. Brandens effektutveckling kan begränsas av syretillgången, då syret i brandrummet är konsumerat kommer effektutvecklingen kontrolleras av hur mycket luft som kan komma in genom dörrarna. Dessa beräkningar är inkluderade i CFast och därför kan den effektutveckling som från början ansätts i brandrummet variera jämfört med slutresultatet.

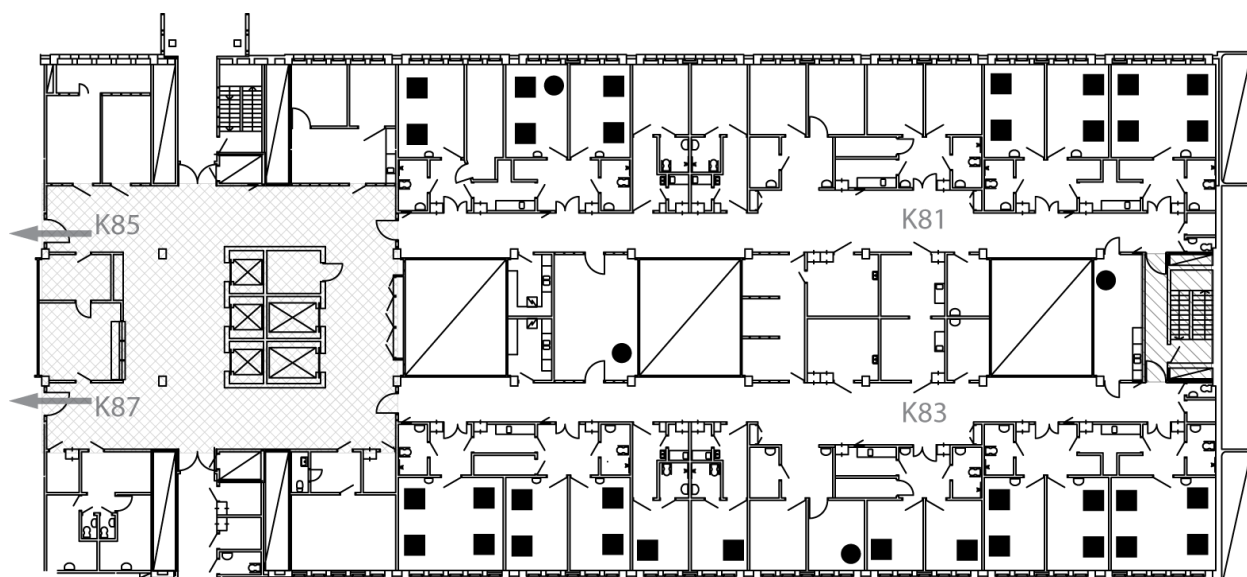
Sett till utrymningsaspekter är inte förhållandena i brandrummet intressanta i scenarierna expedition och patientdagrum då ingen person förväntas befinna sig i utrymmet vid den tid kritiska förhållanden uppstår. Därför har endast förhållandena i utrymningsvägarna beaktats då tid för utrymning har studerats. För scenariot patientrum har dock förhållandena i brandrummet beaktats då det antas finnas patienter i rummet. För att validera CFasts trovärdighet har handberäkningar utförts (Se bilaga 8). Samtliga utdata från CFast kan ses i bilaga 6.

### 6.3.2 Utrymningsförlopp

För att simulera utrymningsförloppet används datorprogrammet ERM (Se bilaga 1).

Eftersom det inte går att rangordna utrymningsvägar efter lämplighet i ERM har två beräkningar gjorts för varje scenario. Trappan är en olämplig utrymningsväg som bara ska användas i nödfall men i ERM utrymmer personerna till närmaste utgång oavsett lämplighet. Därför görs först en beräkning där bara utgångarna till hisshallen är öppna för att se hur många som hinner ut genom de primära utrymningsvägarna innan dessa blir fyllda med brandgaser. En andra beräkning genomförs sedan för att se hur många av de återstående som hinner utrymmas genom trapphuset.

Utgångsläget i varje ERM-beräkning är specifikt för varje scenario och beroende av i vilken ordning patienter utrymms. Utrymningen styrs så att det alltid är de patienter som befinner närmast brandrummet som utryms först. Figur 3 nedan visar patienter och vårdares utgångspunkter inför simuleringarna. Vårdarna är slumpmässigt utplacerade för att få en jämn spridning över avdelningarna. Utdata från ERM-beräkningarna finns i bilaga 9.



Figur 3 visar patienter och vårdares utgångspunkter inför simulering. Kvadraterna representerar patienter och cirklarna vårdare.

### 6.3.3 Scenario expeditionen

Branden antas starta i en dator och därefter antända närliggande kontorsmaterial. Den rikliga pappersmängden i närheten leder till att brandspridningen i rummet kommer att ske snabbt. Under den tid som är intressant ur utrymningssynpunkt beräknas en kontorsdel samt en bokhylledel vara antända. (se Bild 2)





Bild 2. En av arbetsstationerna i expeditionen.

### 6.3.3.1 Dimensionerande brand

För att uppskatta effektutvecklingen i expeditionen användes data ur rapporten Initial fires (Särdqvist, 1993). I expeditionen antas endast en av de tre arbetsstationerna brinna. Detta eftersom tiden innan brandspridning sker mellan arbetsstationerna är längre än den tills kritiska förhållanden uppstår i korridoren utanför. Detta visade sig efter CFast-simuleringarna stämma bra. Enligt rapporten utvecklar ett kontor i liknande storlek maximalt 2 MW och en bokhylla som är hälften så stor som den aktuella 1 MW. Därför bestämdes scenariots maximala effektutveckling till 4 MW (Se Diagram 3). Effektutvecklingen för kontor varierar beroende på förutsättningar, högre effektutveckling kommer troligtvis att förkorta den tid då utrymning är möjlig men redan i 4 MW-fallet erhålls ingen tillfredsställande utrymning. Därför studeras inte högre effektutvecklingar.

Som indata i CFast har en förbränningsvärme på 25000 kJ/kg använts.

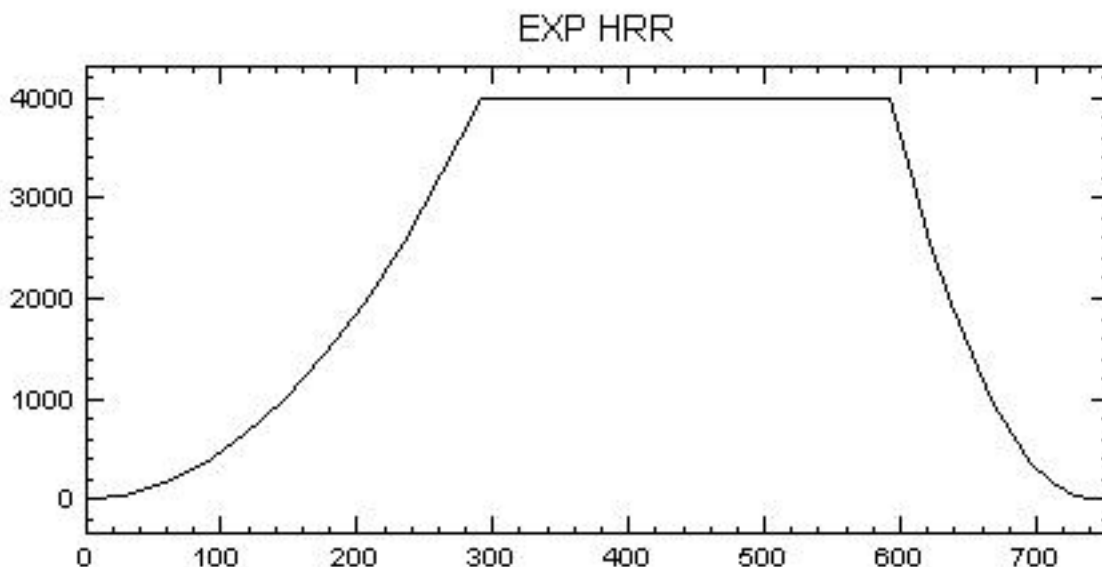


Diagram 3 visar effektutvecklingskurvan för expeditionen. Tillväxthastigheten är beräknad till  $\alpha=0,048$ . Tid i sekunder på x-axeln och effekt i kilowatt på y-axeln.

### 6.3.3.2 Brandförlopp

Efter cirka 2 minuter har kritiska förhållanden uppnåtts i mittendelen av korridorerna och passage förbi expeditionen är ej längre möjlig. Brandgaslagrets höjd är då 1,8 meter över golvet, sikten i denna del är då sex meter och temperaturen i brandgaslagret är 95°C. De yttre delarna av korridoren, närmast utrymningsvägarna, kommer kort därpå även de uppnå kritiska förhållanden. Efter ytterligare en halv minut är sikten där under tio meter, temperaturen 50 grader och brandgaslagret befinner sig 1,5 meter över golvet.

### 6.3.3.3 Utrymningsförlopp

Kritiska förhållanden för utrymning inträffar efter ungefär två och en halv minut. Efter två minuter går det ej att utrymma genom mittendelen av korridoren och en halv minut efter detta har kritiska förhållanden uppnåtts i hela avdelningen.

Genom den primära utrymningsvägen, ut till hisshallen, hinner under denna tid 16 patienter utrymma. Åtta av dessa behöver hjälp av personal. Under den återstående halvminuten, innan hela avdelningen är rökfylld, kommer enligt beräkningarna inte någon mer patient att hinna utrymmas.

### 6.3.4 Scenario patientdagrum

Branden antas starta i en brödrost placerad i ett av rummets hörn och sprider sig till närmaste bordsgruppen. Då det är i början av förloppet som utrymning skall ske beräknas scenariot utifrån att det endast är den närliggande bordsgruppen som brinner. Tiden till att nästliggande bordsgrupp antänds antas överstiga den tid under vilken utrymning bör ha genomförts (se bild 3).



Bild 3. Patientdagrummet

#### 6.3.4.1 Dimensionerande brand

I dagrummet antas en bänk, ett bord och sex stoppade stolar brinna, dessa betraktas som ett bränslepaket. De andra möblerna i rummet tas ej med i beräkningen då redan det valda bränslepaketet ger en otillfredsställande utrymning.

För att få fram den aktuella effektutvecklingskurvan har värden hämtats från Akiko Natori mfl, 2006. Maximalt effektutvecklingsvärde för stolar i denna rapport varierar mellan 50 kW och 250 kW. Den pessimistiska kurvan används i detta scenario för att få ett konservativt värde (se Diagram 4). Den maximala effektutvecklingen avläses till 250 kW för en stol.

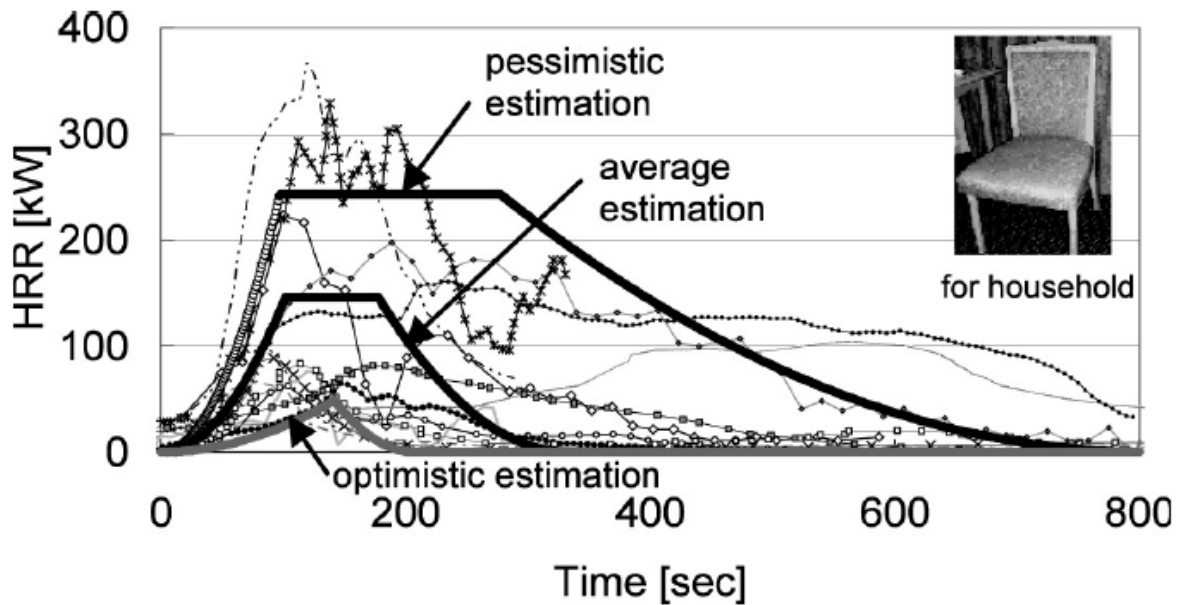


Diagram 4. Effektutveckling för stol med stopning. (Akiko Natori mfl, 2006)

För bordet och bänken har inga experimentella data hittats, utan värdet för den maximala effektutvecklingen för trä sätts till  $100 \text{ kW/m}^2$  (Holmstedt<sup>1</sup>). Den totala effektutvecklingen för bordet, bänken och de sex stolarna i detta scenario bestäms därför till 2MW (Se Diagram 5) genom att effektutvecklingen för de olika möblerna adderas ihop. Som indata i CFast har en förbränningsvärme på  $20000 \text{ kJ/kg}$  använts.

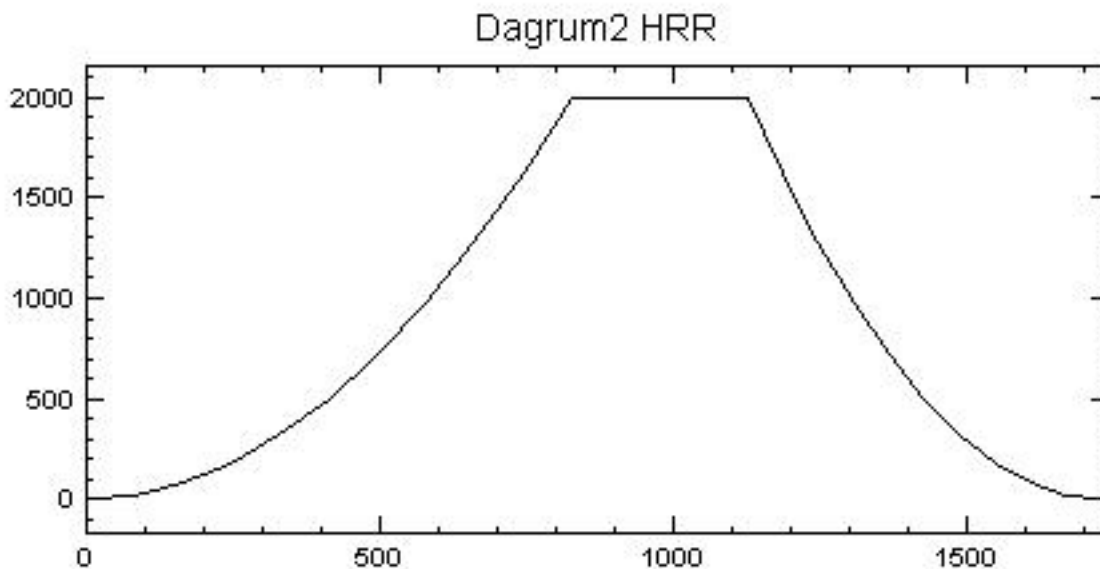


Diagram 5 visar effektutvecklingskurvan för hela bränslepaketet i patientdagrummet. Tillväxthastigheten är beräknad till  $\alpha=0,029$ . Tid i sekunder på x-axeln och effekt i kilowatt på y-axeln.

<sup>1</sup> Göran Holmstedt Docent, föreläsning 12 november 2008.

### 6.3.4.2 Brandförlopp

Branden i dagrummet kommer att rökfylla de delar av korridorerna K81 och K83 som ligger närmast hisshallen först. Då detta är den primära utrymningsvägen kommer detta få stor påverkan på utrymningsmöjligheterna. Efter sju minuter understiger sikten i denna del 10 meter, temperaturen är 75 grader och brandgaslagret befinner sig en meter från golvnivå. Utrymning är i detta läge ej möjlig till hisshall. Efter nio minuter har kritiska förhållanden uppnåtts i mittendelen av korridorerna, sikten är under 10 meter, brandgaslagret når ned till golvet och temperaturen befinner sig under 50 grader. Strax därefter har kritiska förhållanden även uppnåtts närmast trappan. Även här är brandgaslagret nere i golvnivå med en sikt på under 10 meter men temperaturen är bara 40 grader. Total utrymningstid beräknas alltså vara ungefär tio minuter i detta scenario. Utrymning till hisshall beräknas dock endast vara möjlig under de första sju minuterna. Därefter måste trappväg utnyttjas.

### 6.3.4.3 Utrymningsförlopp

Under de inledande sju minuterna har totalt 24 patienter utrymt till hisshallen. Av dessa behövde 16 stycken hjälp av personal. Efter denna tidpunkt är endast utrymning via trappan möjlig, fram till tio minuter från det att branden startade. Detta ger personalen cirka tre minuter att hinna utrymma 10 patienter via trapphuset till underliggande våningsplan. Enligt beräkningar kommer två patienter utrymmas denna väg innan kritiska förhållanden uppstår även här.

### 6.3.5 Scenario patientrum

Branden antas starta i en madrass där tjuvrökande patient stoppat undan en cigarettfimp. Enligt personal på avdelningen är undangömda fimpar i madrassen något som förekommit tidigare på sjukhuset. Madrasserna på avdelningen är ej utförda enligt svensk standard för sjukhussängar, med avseende på flamskyddsimpregnering, utan ortopedavdelningen använder sig av en mjukare madrass i skumgummi. Branden startar i den ena madrassen och får snabbt fäste i intilliggande säng.

#### 6.3.5.1 Dimensionerande brand

I scenariot brinner två stycken sängar som betraktas som ett bränslepaket. Värden på effektutvecklingen hämtades ur rapporten Initial fires (Särdqvist, 1993). Enligt denna blir effektutvecklingen för en skumgummimadrass cirka 1,3 MW, alltså 2,6 MW för två sängar. Därutöver finns lakan, kuddar och örngott i sängarna samt avskiljande gardiner, varför bränslepaketets totala effektutveckling sätts till 3 MW. I Diagram 6 nedan visas effektutvecklingen för en säng men notera att den dimensionerande branden består av två sängar. Tillväxthastigheten för två sängar är dock densamma som för en säng. Som indata i CFAST har en förbränningsvärme på 25000 kJ/kg använts.

Ytterligare två sängar befinner sig i rummet på cirka 3 meters avstånd från bränslepaketet. Dessa kommer troligtvis att antändas av strålningen från branden efter en liten stund, men dessa beräkningar är överflödiga då redan branden i två sängar förhindrar tillfredsställande utrymning.

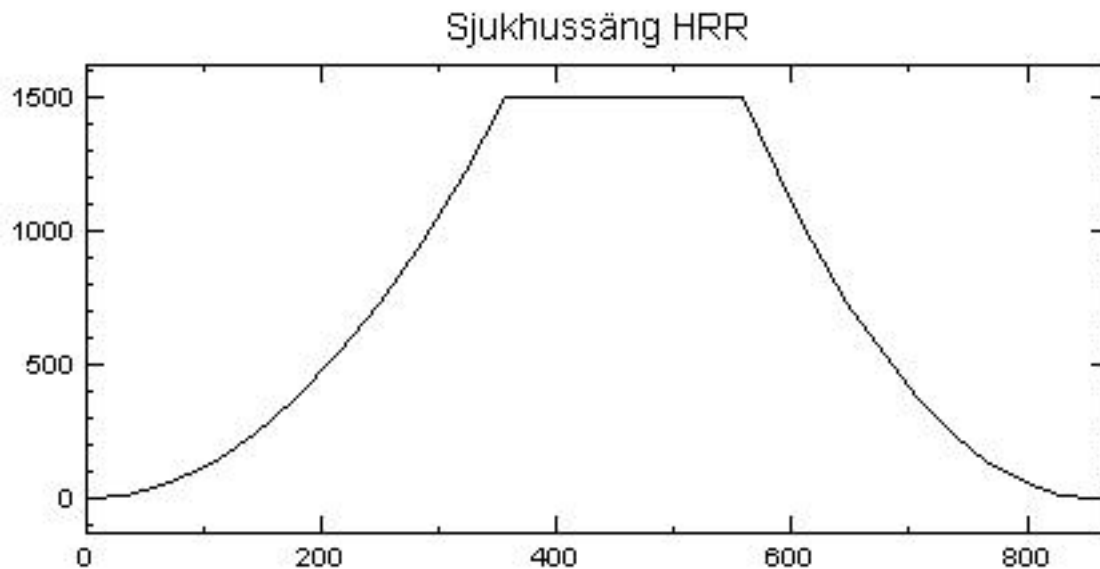


Diagram 6 visar effektutvecklingskurvan för en sjukhussäng. Tillväxthastigheten har beräknats till  $\alpha=0,01$ . Tid i sekunder på x-axeln och effekt i kilowatt på y-axeln.

### 6.3.5.2 Brandförlopp

I patientrummet inträffar kritiska förhållanden efter cirka en halv minut. Då är både sikten och brandgaslagrets höjd i rummet under kritiska nivåer.

I korridoren direkt utanför patientrummet inträffar kritiska förhållanden efter två och en halv minut, då är temperaturen  $80^{\circ}\text{C}$  och sikten cirka 10 meter. I mitten av korridoren inträffar kritiska förhållanden efter tre minuter. Då är sikten där under 10 meter. Detsamma gäller för dagrummet.

Närmast trappan i korridor 83 är sikten under kriterierna för kritiska förhållanden efter fyra minuter. Dessa inträffar samtidigt i korridor 81 närmast hisshallen. Efter fem minuter har sikten sjunkit under 10 meter även i mittendelen av denna korridor. Därefter tar det knappt en minut innan detta inträffar i korridor sektionen närmast trappan. Temperaturen når aldrig  $80^{\circ}\text{C}$  i dessa korridor sektioner.

### 6.3.5.3 Utrymningsförlopp

I patientrummet kommer kritiska förhållanden uppstå innan personalen hinner ta sig dit. Detta innebär att inga patienter hinner utrymmas innan kritiska förhållanden uppstår.

Genom den primära utrymningsvägen i korridor K83 kommer alla de som inte behöver assistans kunna utrymma. Personalen kommer även hinna hjälpa 7 patienter ut genom denna. Därefter inträder kritiska förhållanden i denna del av korridoren.

Utrymningen måste därefter ske genom tvättrummet till den primära utrymningsvägen i korridor K81. Här kommer ytterligare 4 sängliggande patienter hinna utrymmas. Totalt 19 personer utrymmer alltså ut till hisshallen. Utrymning av patienter genom trapphuset kommer inte vara möjlig innan kritiska förhållanden uppstår.

### 6.3.6 Utrymningsssammanfattning

Nedanstående tabeller sammanfattar under hur lång tid utrymning är möjlig från avdelningarna samt antalet patienter som hinner utrymmas för respektive scenario. För varje scenario specificeras hur lång tid som finns tillgänglig att utrymma. Då utrymningen först och främst sker till hisshallen innebär kolumnen *tid för utrymning till hisshall* i tabell 1 den tid som finns tillgänglig från att branden startar tills att denna utrymningsväg inte längre går att nyttja. Den tid som går att utnyttja trappan som utrymningsväg är tiden från och med att utrymning till hisshall inte längre är möjlig fram till att kritiska förhållanden uppstått på hela avdelningen. I tabell 2 anges hur många som kunnat utrymma genom respektive utrymningsväg samt hur många patienter som inte hunnit utrymma. Inte i något scenario översteg koncentrationen av giftiga gaser några farliga koncentrationer. Inte heller uppgick strålningen från brandgaslagret till några kritiska nivåer.

Tabell 1. Tid för utrymning i respektive scenario

Scenario	Tid för utrymning till hisshall (min)	Tid för utrymning till trappa (min)	Tid för utrymning totalt (min)
Expeditionen	2	0,5	2,5
Patientdagrum	7	3	10
Patientrum	4	2	6

Tabell 2. Antal utrymda i respektive scenario

Scenario	Utrymda till hisshall	Utrymda till trappa	Ej utrymda
Expeditionen	16	0	18
Patientdagrum	24	2	8
Patientrum	19	0	15

I de simulerade scenarierna ovan avses endast förflyttningstiden, och eftersom denna överstiger tiden till kritiska förhållanden behöver ingen hänsyn tas till tiden för varselblivningstid samt besluts- och reaktionstid.

Som tabellen visar uppstod kritiska förhållanden innan alla hunnit utrymma i alla scenarier. Detta visar tydligt att åtgärder måste till för att ge en säker utrymning. Eftersom en så stor del av patienterna inte kan utrymma själva och det i praktiken bara finns en användbar utrymningsväg måste antingen utrymningstiden förkortas eller brandgasspridning hindras. Förslag på hur detta skulle kunna genomföras ges i kapitlet åtgärder.

## 6.4 Alternativ till scenarier

De scenarier som tidigare simulerats är de som antas ge de allvarligaste följderna vid utrymning. I de scenarierna har samtliga dörrar till brandrum stått uppställda vid brandens början och i två av scenarierna har bägge korridorerna fyllts med brandgaser samtidigt. Det finns dock ett antal olika möjligheter för hur brandgasspridningen skulle kunna ske, beroende på vilka och hur många dörrar som är öppna eller öppnas.

Nedan förs en diskussion över ett antal olika varianter och vilken betydelse de skulle få för ett utrymningsförlopp. För ett av fallen har även beräkningar utförts.

### 6.4.1 Stängda dörrar

Ingen av dörrarna från korridorerna in till dagrum, expedition eller patientrum är brandklassade varför brandgaser sannolikt kommer börja läcka ut genom dörrspringor och otätheter. Detta brandgasflöde kommer dock inte påverka utrymningen så pass mycket som i fallet med initialt öppna dörrar varför inga beräkningar utförs för fallet. Det kan snarare fastslås att stängda dörrar är ett bra skydd för att förhindra brandspridning och även skydda personer från brandgaser om utrymning utförs i ett tidigt skede. Utrymning från avdelningen då dörrarna till brandrummet är stängda antas kunna utföras tillfredsställande. Dock finns en potentiell spridningsrisk via ventilationssystemet som diskuteras mer i delen brandgasspridning via ventilation.

### 6.4.2 En dörr öppnas

Det finns en viss risk för att de dörrar som är stängda öppnas efter en viss tids brand. Detta skulle vara allvarligt då en stor volym brandgaser skulle släppas ut i korridoren.

En brand i patientrummet skulle troligen upptäckas av patienterna redan i ett tidigt skede och patienterna skulle antingen lämna rummet själva eller alternativt kalla på hjälp från personalen. Här antas att dörren antingen stängs då patienterna lämnat rummet eller att dörren lämnas öppen. Detta scenario betraktas likvärdigt med antingen scenariot i patientrummet som avhandlats tidigare i rapporten eller fallet då dörren är stängd till brandrummet. Därför utförs inga ytterligare beräkningar.

För patientdagrummet och expeditionen finns en risk att scenariot förvärras då en dörr öppnas efter en stund jämfört med om dörrarna varit öppna från början. Om brandrummets dörrar till bägge korridorerna är stängda då branden startar och en av dem öppnas efter en viss tid kommer brandgaser att spridas ut till en av korridorerna.

Om det finns en passage mellan korridorerna kommer brandgaser att kunna spridas denna väg och vidare till den korridor som har dörren stängd till brandrummet. Tiden det tar för brandgaserna att sprida sig dit kommer dock att överstiga den tid det tagit om även denna korridor haft dörren till brandrummet öppen. Inga beräkningar utförs därför för korridoren med dörren stängd till brandrummet.

Den korridor som har dörren öppen till brandrummet kommer att fyllas med brandgaser fortare än i det scenario då brandrummets dörrar är öppna till båda korridorerna. Detta innebär att tiden för utrymning minskar i denna korridor. Om det inte finns någon passage till den andra korridoren kommer tiden till kritiska förhållanden att minska ännu mer och detta fall anses vara det mest allvarliga. För detta fall, då korridoren är sluten, utförs beräkningar. I fallet antas att även övriga dörrar i korridoren är stängda, det vill säga den enda dörren som är öppen är den till brandrummet.

#### 6.4.2.1 Beräkningar sluten korridor

Tiden från att detektor aktiveras till att personal upptäcker branden uppskattas på en liknande avdelning upp till tre minuter (Frantzich, 2001). Simuleringar i CFAST (Se bilaga 6) visar att då dörren öppnas efter denna tid kommer inom kort kritiska förhållanden uppstå i korridoren. Då det brinner i expeditionen uppnås kritiska förhållanden cirka en minut efter att dörren öppnas och vid brand i patientdagrummet efter cirka två minuter. Då de två korridorerna har olika patientantal varierar siffrorna för hur många som hinner utrymma men på grund av den snabba brandgasspridningen handlar det i inget av fallen om mer än ett fåtal patienter.



### 6.4.2.2 Diskussion

Ett flertal faktorer spelar in för att scenariot där en dörr öppnas ska kunna inträffa. Först och främst skall någon efter en viss tid öppna dörren till brandrummet och lämna den på vid gavel. Detta är inte speciellt sannolikt då personalen borde kunna göra en rimlig bedömning av läget och stänga dörren igen om branden är för stor. Dessutom finns insyn till både expedition och dagrum från korridoren genom fönster i ljusgården vilket skulle kunna förhindra att dörren till brandrummet öppnas om det observeras att utrymmet är rökfyllt. Slutsats av förloppet är att om det skulle inträffa hade det drastiskt försvårat utrymningen från en av avdelningarna men sannolikheten att dörren till brandrummet öppnas och sedan lämnas öppen vid kraftig rökutveckling är liten.

## 6.5 Brandgasspridning via ventilation

Alla patientrum och expeditioner längs med ytterväggarna i respektive korridor är sammankopplade via ventilationssystemet. Vid en brand skulle därför brandgaser kunna sprida sig från ett patientrum och vidare till rummen bredvid via ventilationssystemet. Brandgaser kan även spridas mellan de båda avdelningarnas korridorer genom en gemensam tilluftkanal. Spridning kan ske då branden höjer trycket i det rum där den befinner sig, och denna tryckhöjning är större än det tryck som finns i tilluftskanalen. Brandgaserna kommer då följa med flödet i kanalen och på så sätt kunna spridas till ett eller ett par andra rum, beroende på tryckförhållandena. För att förhindra brandgasspridning mellan brandceller på våningsplanet är brandspjäll monterade i samlingskanaler.

Beräkningar på brandgasspridning via ventilation har inte genomförts på grund av att det saknas dokumentation om vissa viktiga data från den aktuella avdelningen. Det fanns däremot ritningar över ventilationen på avdelningen under och eftersom verksamheterna på de båda våningarna liknar varandra i flera avseenden, antas ventilationen på den aktuella avdelningen vara uppbyggt på ett liknande sätt. Det kan dock inte uteslutas att markanta skillnader finns i uppbyggnaden av systemet och på grund av dessa osäkerheter har alltså inga beräkningar gjorts.

## 6.6 Känslighetsanalys

Resultaten i rapporten är beroende av en rad olika faktorer som påverkar hur brandförloppet och utrymningen sker. En betydande faktor för utrymningen är storleken på personalstyrkan, en större personalstyrka kan utrymma fler patienter innan kritiska förhållanden uppstår.

Tillväxthastigheten för branden har även den stor betydelse för förloppet. Ju snabbare branden tillväxer desto snabbare kommer brandgaslaget tillväxa. Därför har fler simuleringar genomförts för att undersöka hur utrymningsmöjligheterna påverkas av personalstyrkan och brandens tillväxthastighet.

### 6.6.1 Personalstyrkan

Enligt ERM klarar en personalstyrka på fyra personer att utrymma hela avdelningen med 34 patienter på cirka 15 minuter. Ökas personalstyrkan i ERM till 15 personer förkortas utrymningstiden till cirka fem minuter. Ökas mängden personal ytterligare skulle utrymningen självfallet gå fortare enligt ERM men eftersom ERM inte kan hantera köbildning kan förtroendet i sådana simuleringar ifrågasättas. En allt för stor personalstyrka

skulle kunna bidra till att det blir trångt i utrymningsvägarna och utrymningen skulle inte längre bli lika effektiv. För scenariot i patientdagrummet skulle en personalstyrka på 15 personer hinna utrymma hela avdelningen innan kritiska förhållanden uppstår. Scenariot i patientrummet når kritiska förhållanden tidigare och personalen skulle hinna utrymma nästan hela avdelningen. Tiden till kritiska förhållanden för scenariot i expeditionen nås i sin tur ännu tidigare och även om personalen skulle lyckas bättre med utrymningen då de är 15 än då de är fyra skulle de inte hinna utrymma alla patienter. Tabellen nedan visar hur många som hinner utrymmas.

Tabell 3 visar antal utrymda med 15 vårdare.

Scenario	Utrymda	Tid (minuter)	Ej utrymda
Patientdagrummet	34	5	0
Patientrummet	32	4	2
Expeditionen	21	2	13

## 6.6.2 Tillväxthastigheten för branden

Brandens tillväxthastighet beror i de dimensionerande bränderna på alfa-t<sup>2</sup>-modellen. Denna modell är en förenkling av verkligheten och saknar till exempel förbrinntid. Detta är ett konservativt antagande då förbrinntiden kan variera beroende på antändningskälla och var det brinner.

En högre tillväxthastighet för branden skulle ge ett snabbare brandförlopp och kortare tid till kritiska förhållanden. Detta skulle i sin tur medföra att tiden för utrymning minskar och färre patienter hinner utrymmas. Eftersom förhållandena redan är dåliga simuleras inte en högre tillväxthastighet. Vad som däremot händer vid en lägre tillväxthastighet är intressant, då det finns möjlighet att scenariot inte utvecklas lika snabbt. Därför har simuleringar gjorts för en långsammare tillväxthastighet i expeditionen (Se Diagram 7) . Enligt resultaten från CFast är sikten i det långsammare fallet 10 meter efter knappt 3 minuter och höjden på brandgaslagret 1,7 meter utanför expeditionen. I det ursprungliga scenariot uppnås en sikt på 10 meter efter knappt 2 minuter och brandgaslagrets höjd är då 1,7 meter. I fallet med långsammare tillväxthastighet uppnås kritiska förhållanden alltså cirka en minut senare. Under denna tid hinner ytterligare en patient utrymmas då det finns fyra i personalen. En lägre tillväxthastighet ger alltså ingen större skillnad i utrymningen och är därmed ingen avgörande faktor.

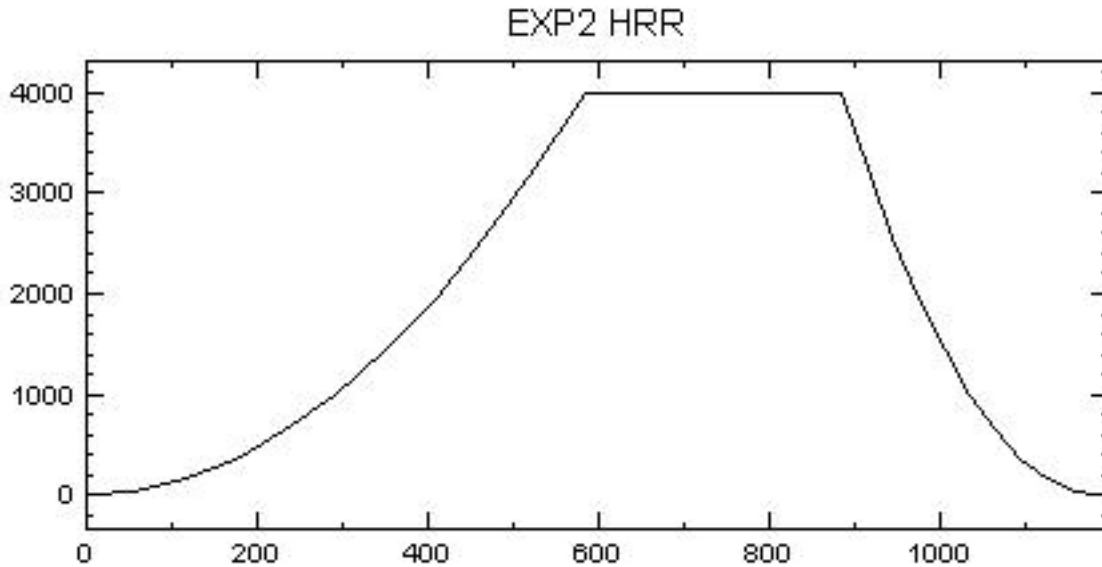


Diagram 7 visar effektutvecklingskurvan för expeditionen med en långsammare tillväxthastighet. Tillväxthastigheten är beräknad till  $\alpha=0,012$ . Tid i sekunder på x-axeln och effektutvecklingen i kilowatt på y-axeln.

## 6.8 Värdering av säkerhetsnivån innan åtgärder

Utrymningssäkerheten från avdelningarna anses inte vara tillfredsställande, baserat på resultat från CFast och ERM, då det i alla scenarier finns patienter som inte hinner utrymma innan de utsätts för kritiska förhållanden.

Under intervjuer vid besöket framgick även att personalen inte var helt säker på vilka rutiner som egentligen gäller vid brand. Bristen av allmänt kända rutiner kan vid en brand skapa osäkerheter som bidrar till en försvårad utrymning. Dessa faktorer gör att säkerhetsnivån på avdelningarna inte anses tillräckligt god

# 7 Åtgärder och värdering av dessa

Nedan presenteras åtgärder för att förbättra utrymnings säkerheten på avdelningen. Även åtgärder som inte direkt syftar på utrymnings säkerhet men som ändå bidrar till avdelningarnas brandsäkerhet tas upp.

Åtgärderna delas upp i sådant som skall och bör åtgärdas.

## 7.1 Åtgärder som skall genomföras

Nedan redovisas vad som skall åtgärdas för att säker utrymning ska kunna genomföras från avdelningen. Det som föreslås är sprinklersystem, brandcellsindelning, förbättrade rutiner, detektorer installerade i alla utrymmen förutom toaletter, upplåsta dörrar i utrymningsvägar samt förbättrat larmsystem. Dessa skall genomföras tillsammans, alltså samtliga åtgärder krävs för att utrymningen från avdelningarna ska kunna säkras. Undantaget från detta är sprinklersystem och brandcellsindelning, av vilka endast en behöver genomföras tillsammans med de övriga fyra.

### 7.1.1 Sprinklers

Även om det i BBR inte ställs några krav på att lokaler av denna typ ska ha ett sprinklersystem installerat ställs dock krav på att alla personer ska kunna utrymma från en lokal på ett tillfredsställande sätt. För att uppfylla detta krav på avdelningarna skall sprinklersystem installeras. Detta system skall dimensioneras enligt SBF 120:6, vilket innebär att en eventuell brand kommer begränsas och att det på så sätt kan undvikas att kritiska förhållanden uppstår.

Eftersom sprinklerberäkningar inte ingår i kursen ”Brandteknisk riskvärdering” kommer inte ytterligare utredning angående detta göras här.

### 7.1.2 Brandcellsindelning

Ett alternativ till sprinklers är att dela in avdelningarna i flera brandceller. Lämpligt är att på liknande sätt som i hotell göra indelningen så att varje patientrum är en egen brandcell. Per definition kommer brand och brandgas inte kunna spridas mellan brandceller och en utrymning av hela avdelningen kommer i många fall kunna undvikas.

Alternativt kan en grovre brandcellsindelning göras. Exakt hur sektioneringen ska se ut med avseende på storlek och brandklassning kräver mycket noggrann undersökning, men en utgångspunkt kan vara att korridorerna ska avgränsas från varandra och att varje korridor delas in i två eller tre sektioner. Brandgasspridning kommer då kunna ske mellan rum i samma brandcell, men så länge kritiska förhållanden undviks kan säker utrymning ske från brandcellen. Enligt BBR ska brandceller i sjukhus klassas i EI60, vilket innebär att brand- och brandgasspridning hindras i 60 minuter.

Avskiljningen mellan korridorerna är redan reglerad i BBR, detta med kravet att korridorer i samma avdelning ska avgränsas i klassningen E30. Detta är inte gjort på avdelningen enligt vad som kunde ses vid besöket, men det uppfattas inte som en i sig tillräcklig åtgärd för att utrymningen ska kunna säkras.

Eftersom fler brandceller på avdelningen ger en helt annan situation än idag måste även en översyn av rutinerna som finns idag göras, detta utöver de rutinförändringar som beskrivs nedan.

### 7.1.3 Rutiner

Utbildningen som ges i dagsläget fokuserar på brand och brandbekämpning, men innehåller ingenting specifikt om hur utrymning av den egna avdelningen ska hanteras. Rutiner för detta finns beskrivna i säkerhetspärmen och personalen skall ha kännedom om vad som står i denna. Intervjuer och enkäter visar dock att en stor del av personalen i själva verket inte alls vet vad som står skrivet. Detta skall kontrolleras bättre. Utrymningsövningar skall genomföras. Helst skall fullskaliga övningar genomföras i den mån det är möjligt men som alternativ kan teoretiska övningar tillämpas enligt den metod som föreskrivs i säkerhetspärmen. Övningen skall ledas av kunnig person.

Att utrymning skulle gå snabbare med mer personal har visats tidigare i känslighetsanalysen under kapitlet Personalstyrkan. Därför är det viktigt att rutinerna för assistans vid larm på intilliggande avdelning följs.

Intervjuerna och enkäterna visar även att många i personalen inte genomgått den föreskrivna uppdateringen av brandskyddsutbildningen. Att personalen följer tidsintervallen för dessa skall kontrolleras bättre.

### 7.1.4 Detektorer

I samtliga rum, utom toaletterna, skall detektorer installeras. För närvarande saknas rökdetektor i ett återvinningsrum samt avdelningens förråd. Samtliga detektorer skall även kontrolleras och rengöras enligt rekommenderade intervall.

### 7.1.5 Larmsystem

Det nuvarande larmsystemet där även närliggande avdelningar larmas vid brand är bra men skall förtydligas. I dagsläget larmas närliggande avdelningar endast med ett vitt blixtljus på en larmstapel i korridoren och det har inträffat tidigare att ingen hjälp från intilliggande avdelningar anlät vid larm på K83. Eftersom det i det nuvarande systemet inte framgår exakt vilken avdelning larmet avser är det svårt att assistera. Oavsett hur noggrant detta påpekas i utbildningen kan det alltid ske missförstånd och ett talat meddelande bör ersätta den nuvarande larmstapeln med vitt blixtljus. Det talade meddelandet skall informera om vilken avdelning och i vilket rum larmet har utlösts. Det talade meddelandet skall även finnas på den egna avdelningen för att personalen där snabbt ska kunna lokalisera branden. Enligt Frantzich (2001) halverar ett larm med ljudsignal tillsammans med textmeddelande beslut- och reaktionstiden. Detta effektiviseras ytterligare med ett talat meddelande. En snabbare lokalisering av branden ger större möjligheter för personalen att genomföra en effektiv första släckinsats och på så sätt minimera sannolikheten att större insatser behövs.

Ett talat meddelande kommer även innebära att patienterna vet vad som har hänt. En gammal uppfattning är att för mycket information skulle medföra en risk för patienterna att drabbas av panik, men enligt studier (Frantzich, 2001) är denna risk liten och det kan istället anses vara en fördel att ge tydlig information.

### 7.1.6 Hålla utrymningsvägar fria och olåsta

Utrymningsvägar skall hållas fria från objekt som inte ingår i den fasta inredningen. Även dörrars svängradie ska vara fria från föremål som förhindrar att de lätt kan stängas. Det skall även tillses att dörrar i utrymningsväg är upplåsta.

## 7.2 Åtgärder som bör genomföras

Nedan beskrivs åtgärder till problem som uppmärksammats under besöket, men som inte i sig är avgörande för utrymningssäkerheten på avdelningen. Här finns inget krav, som tidigare, att samtliga måste genomföras tillsammans utan varje åtgärd ger i sig en liten förbättring av utrymningssituationen.

### 7.2.1 Syrgastuber

Enligt säkerhetspärmen ska syrgastuberna förvaras i avskilda utrymmen, separata rum eller i brandklassade skåp och ska vid brand placeras i säkerhet. Vid besöket noterades att vagnar med syrgastuber stod placerade i flera olika förråd och rum, vilket sannolikt innebär att om en brand inträffar finns ingen riktig kontroll över var flaskorna egentligen är. Det bör alltså finnas ett rum där alla gasflaskor på avdelningen förvaras då de inte används och samtliga i personalen ska vara medvetna om vikten att dessa förs i säkerhet vid brand.

### 7.2.2 Timers

I de valda brandscenarierna tidigare i rapporten togs inte köket som med som ett scenario. Detta trots att glömda spisar är en relativt vanlig brandorsak. Detta motiverades under kapitlet brandscenarier, men på grund av att det är en vanligt förekommande brandorsak bör timers installeras på spisarna i avdelningarna. Det är även viktigt att annan elektrisk utrustning kopplas till timers, det vill säga att föreskrifterna i säkerhetspärmen följs.

## 8 Slutsats

I dagsläget är utrymningssäkerheten från ortopedavdelningarna ej tillfredsställande. I de scenarier som simulerats i rapporten hinner ej alla patienter utrymmas innan kritiska förhållanden uppstår. För att förhindra detta föreslås en del åtgärder. Åtgärder som skall genomföras för att en säker utrymning ska kunna ske är en installation av sprinklersystem på avdelningarna, eller alternativt en indelning i fler brandceller. Till detta behövs även en förbättring av rutinerna så att personalen vet vad de ska göra vid en eventuell brand. Även larmsystemet behöver ses över, ett talat meddelande underlättar både för personal på avdelningen och för personal på angränsande avdelningar som ska komma och assistera. Utrymningsvägar skall hållas fria och dörrar i utrymningsvägar ska vara upplåsta, så att en utrymning kan ske utan hinder. Slutligen skall även detektorer finnas i alla rum utom toaletter så att eventuella bränder så snabbt som möjligt kan detekteras. Om dessa åtgärder följs anses brand och utrymningssäkerheten vara så pass hög att en säker utrymning ska kunna ske.

## 9 Källor

BBR, *Regelsamling för byggande*, 2008. 1. uppl. (2008). Karlskrona: Boverket s97.

Tillgänglig på Internet:

<[http://www.boverket.se/upload/publicerat/bifogade%20filer/2008/BBR%2015/BBR\\_15\\_hela.pdf](http://www.boverket.se/upload/publicerat/bifogade%20filer/2008/BBR%2015/BBR_15_hela.pdf)>

Frantzich, Håkan (2001). *Tid för utrymning vid brand: [FoU rapport]*. 2001 års utg. Karlstad: Räddningsverket, s.85-87, s.97, s.20.

Gojkovic, Daniel (2008), *Tväzonsmodeller (CFast)*, (elektronisk) Lund: Brandteknik <[luvit.ced.lu.se](mailto:luvit.ced.lu.se)>

Jönsson, Robert & Frantzich, Håkan (red.) (2005). *Brandskyddshandboken: en handbok för projektering av brandskydd i byggnader*. Lund: Lunds tekniska högskola, Lunds universitet. s.201.

Karlsson, Björn & Quintiere, James G (2000). *Enclosure fire dynamics / [Elektronisk resurs]*. Boca Raton, FL: CRC Press

Natori, Kakae, Kitahori, Tsuchihashi, Abe, Nagaoka, Ohmiya, Harada, (2006). Development of a Simple Estimation Method of Heat Release Rate based on Classification of Common Combustibles into Category Groups. *Fire Science and Technology*, Vol.25 No.1(2006) s.41

Räddningsverket (2007), *Indikatorer, data och analys för skydd mot olyckor*, (elektronisk) Karlskoga: Räddningsverket <[ida.srv.se](http://ida.srv.se)>. Hämtat den 25 okt 2008

*Statens räddningsverks författningssamling: SRVFS*. (1986-). Karlstad: Statens räddningsverk

Särdqvist, Stefan (1993). *Initial fires: RHR, smoke production and CO generation from single items and room fire tests*. Lund: Dept. of Fire Safety Engineering. s36, s.47, s.73



# Bilaga 1. ERM

ERM (Escape and Rescue Model) är ett program för att simulera utrymning av vårdanläggningar. Programmet tar särskild hänsyn till att vårdare kan behöva hjälpa patienter ut som inte kan utrymma själva. ERM bygger på att ett antal noder definieras för lokalen, dessa beskriver rum, dörrar, trappor med mera. Noderna länkas samman med räta linjer som patienter och vårdare förflyttas längs med.

Ett antal patienttyper med olika rörelsehinder går att definiera och i denna rapport har två typer använts. Typ 1 är en sängbunden patient som inte kan utrymma själv och som antingen måste rullas ut i sängen eller släpas/bäras nedför trappor. Typ 2 kan förflytta sig själv men med aningen nedsatt hastighet. Dock behöver de först bli tillsagda av personal att utrymma innan de påbörjar utrymningen. Andelen patienter som behöver hjälp att utrymma har enligt personalen uppskattats till 75 procent, det vill säga 26 stycken av 34.

ERM har en del begränsningar som måste beaktas. Den största begränsningen är att de utrymmande inte kan bilda kö vid trånga passager. Programmet beräknar utrymningstiden för varje enskild utrymmande oberoende av varandra vilket innebär att hur många som helst kan röra sig genom samma dörröppning samtidigt. Detta blir egentligen bara ett problem om många ska utrymma samtidigt vilket inte är fallet i dessa scenarier då det endast finns fyra vårdare och merparten av patienterna är sängliggande och ej kan utrymma på egen hand. Som med alla simuleringar måste det även inses att det resultat som ERM ger är just en simulering av verkligheten och att ERM inte gör några egna värderingar av oförutsedda händelser eller dylikt utan att det definieras det i modellen. En ordentlig känslighetsanalys måste därför utföras.

## Bilaga 2. Tvåzonsmodellen och CFast

Tvåzonsmodellen är en enkel modell för att beskriva förhållandena i ett brandrum. Modellen bygger på att rummet delas upp i två lager där det antas att alla brandgaser finns i det övre lagret medan det undre lagret bara innehåller normal rumsluft. Ett antal krav ställs för att modellen skall fungera.

- Golvytan måste vara rektangulär.
- De två lagren är helt homogena och ingen omrörning tillåts mellan lagren.
- Förbränning får ej ske i övre lagret.

Eftersom modellen antar att brandgaslaget hela tiden är homogent och väl omblandat kan man inte ta hänsyn till transporttider av brandgas. Det vill säga att så fort brandgaser når taket sprider de ögonblickligen ut sig till ett jämntjockt lager över hela takytan. Detta medför vissa problem i stora utrymmen och korridorer vilket gör att viss eftertanke krävs för liknande rum.

En uppsättning krav finns för att säkerställa att modellen ger rimliga resultat. Dessa presenteras i tabell 1. För att lösa problemen med eventuell ogiltighet har korridorerna i objektet delats upp i tre delar för att hindra en momentan brandgasspridning.

Tabell 1. Begränsningar i tvåzonsmodellen (Gojkovic, 2008).

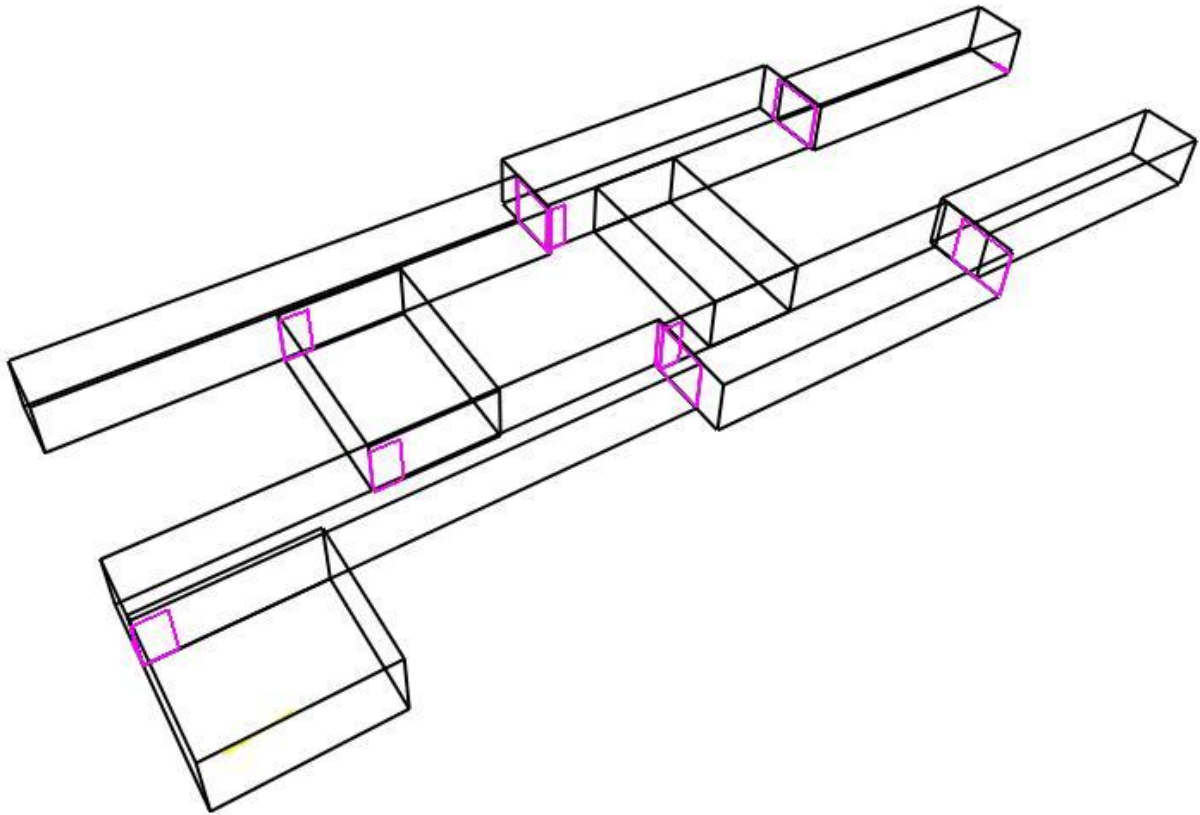
	Acceptabelt	Särskild hänsyn bör tas
$(L/W)_{\text{Max}}$	$L/W < 3$	$3 < L/W < 5$
$(L/H)_{\text{Max}}$	$L/H < 3$	$3 < L/H < 6$
$(W/H)_{\text{Max}}$	$W/H > 0.4$	$0.2 < W/H < 0.4$
$\dot{Q}$	$\dot{Q} \geq 5 \cdot A\sqrt{H}$	

Att modellen bygger på en tydlig skiktning mellan lagren gör även att små bränder som i verkligheten inte skulle skikta sig inte heller avbildas väl i tvåzonsmodellen.

Modellen tar inte heller hänsyn till att bränder utvecklas fortare när förhållandena i brandrummet ändras. Hur branden skall utvecklas styrs helt och hållet av användaren.

Fördelarna med tvåzonsmodellen är just dess enkelhet. Att göra datorberäknade simuleringar är relativt enkelt och går fort vilket gör att ett stort antal simuleringar kan genomföras för att få en god bild av ett förlopp.

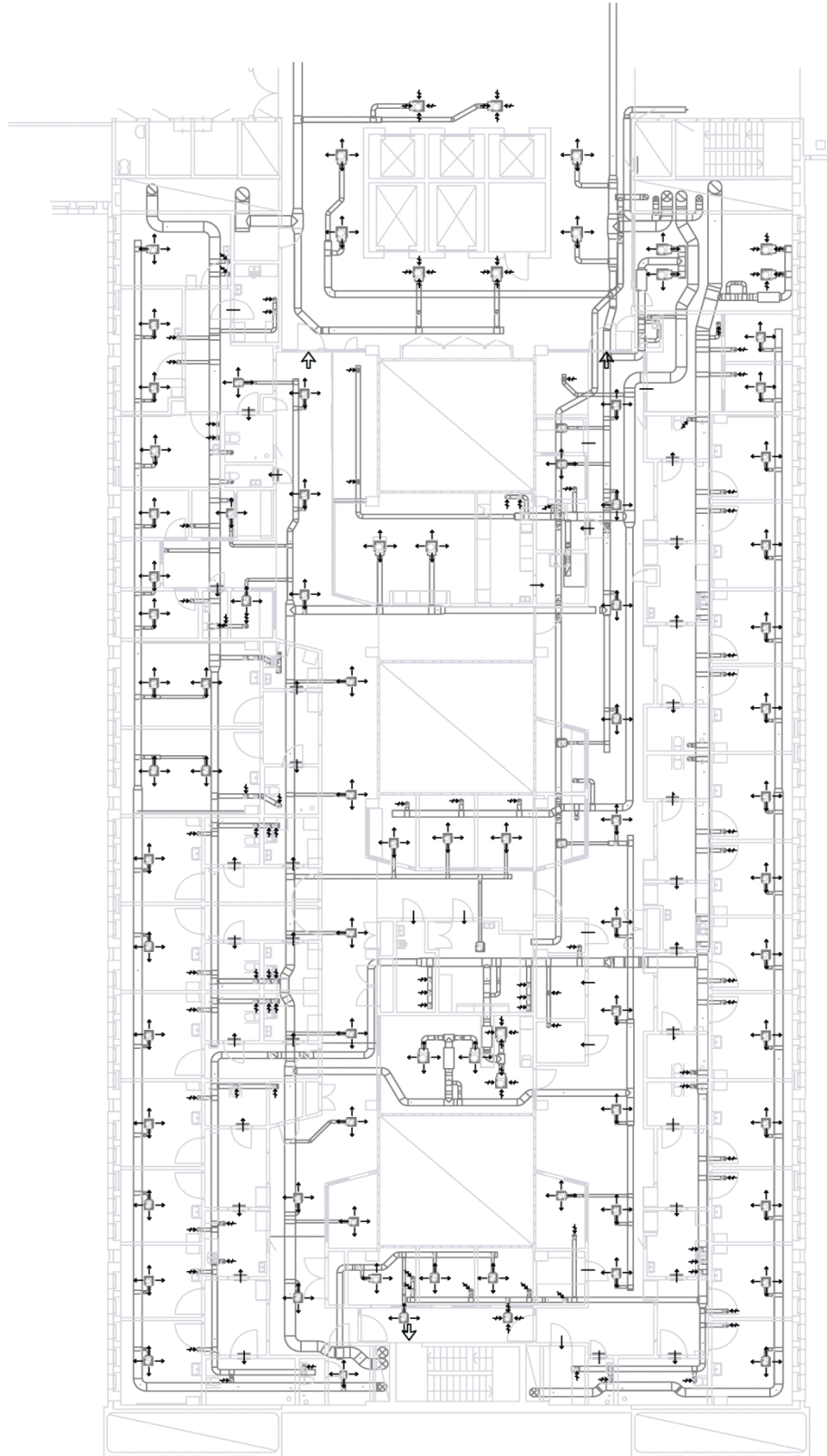
I denna rapport har datorprogrammet CFast använts för att genomföra dessa simuleringar. Programmet är framtaget av amerikanska standardiseringsinstitutet NIST. För att simulera ett förlopp i programmet måste användaren designa sin brand och ange de rum som skall simuleras genom att definiera rummens dimensioner och konstruktionsmaterial. Bland de data som fås som resultat finns bland annat brandgaslagrets höjd, temperatur och optiska densitet.



Figur 1. Avdelningarna avbildade i CFast

# Bilaga 3. Ventilationsritning

I denna bilaga visas den ritning som beskriver hur ventilationssystemet på våning 7 på Karolinska ser ut.



# Bilaga 4. Statistik

Samtlig data nedan är hämtad från Räddningsverkets databas IDA.

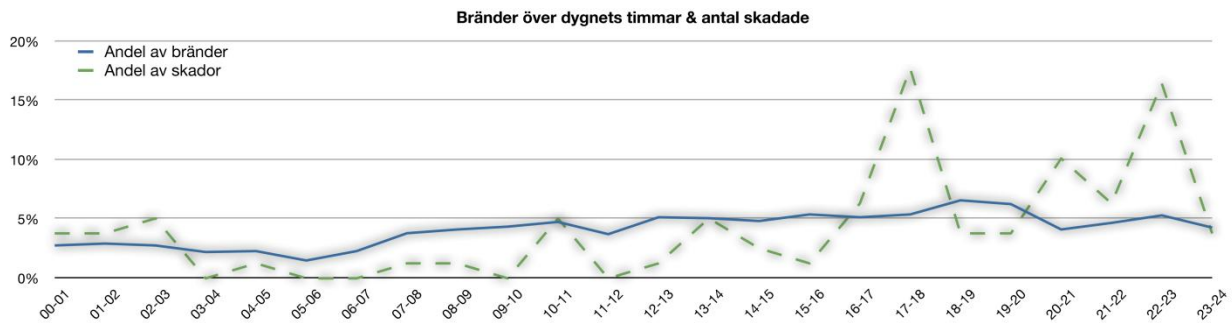


Diagram 1. Heldragen kurva visar fördelningen av andelen bränder på dygnets timmar, och streckad visar andelen skadade över dygnets timmar.

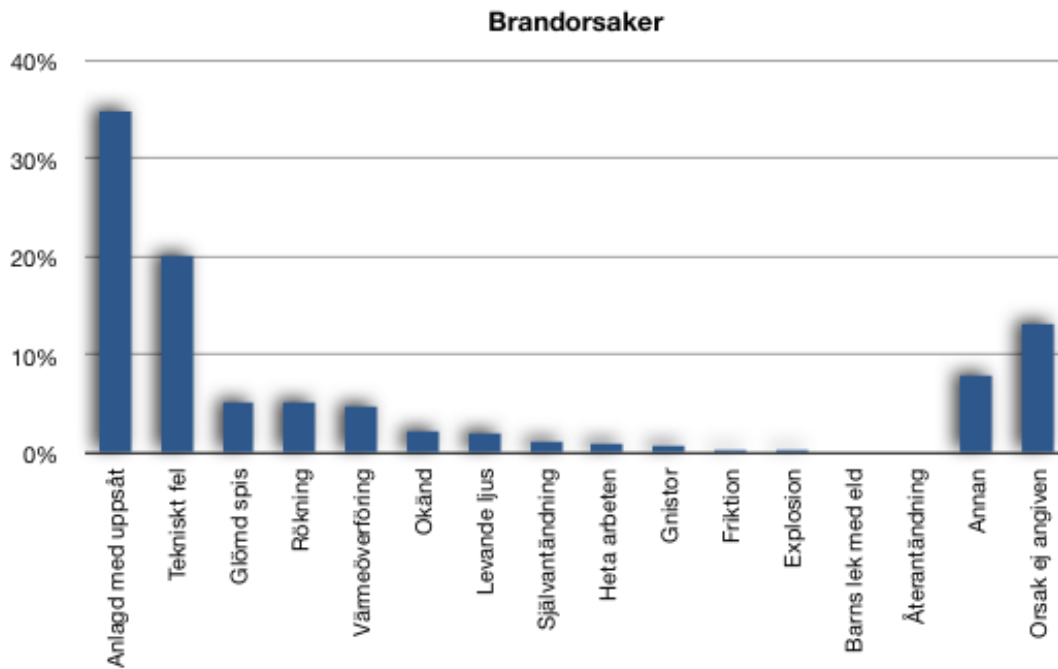


Diagram 2. Andel bränder som uppstått fördelat efter orsak.

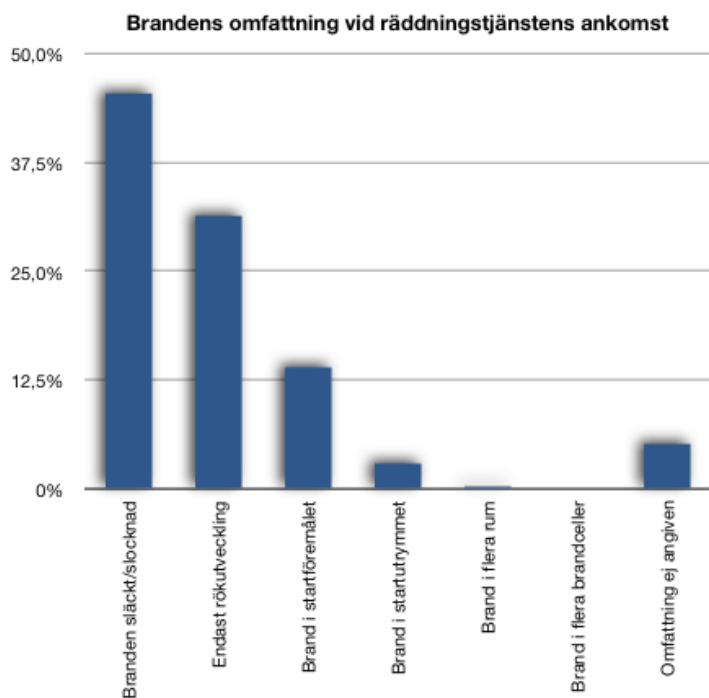


Diagram 3. Brandens omfattning vid räddningstjänstens ankomst

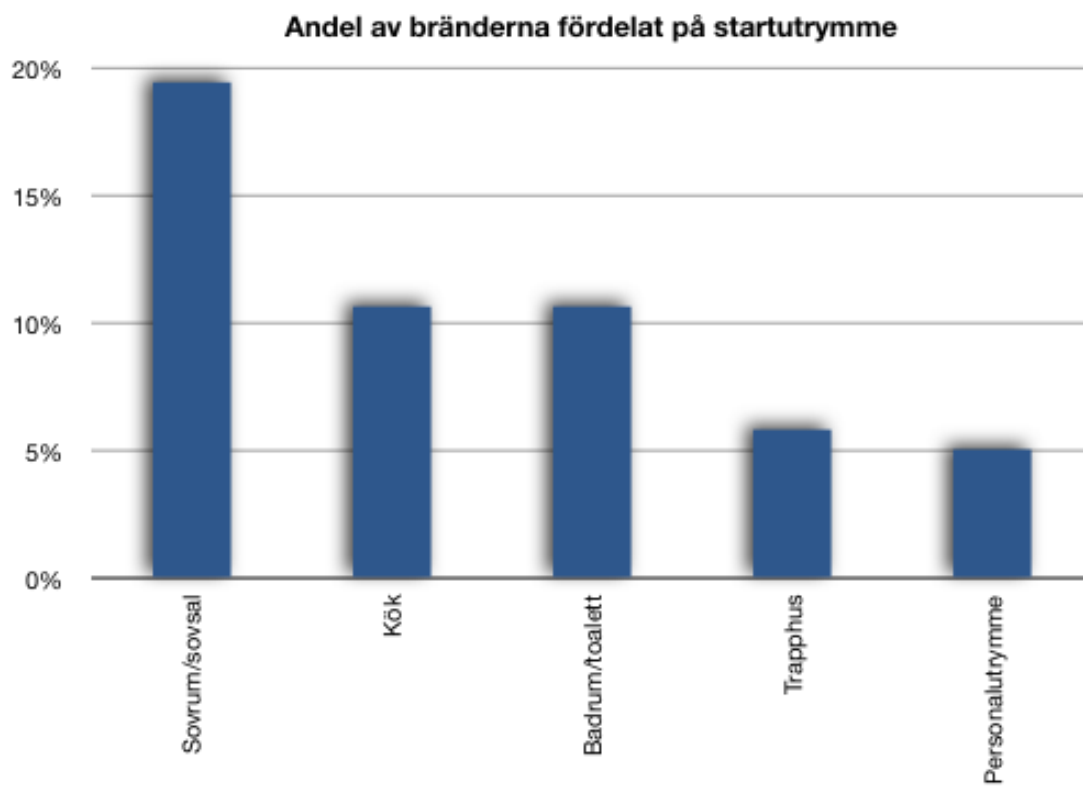


Diagram 4. Andel bränder fördelat på startutrymme.

# Bilaga 5. Räddningstjänstens insatstid

Bilagan visar det dokument som räddningstjänsten lämnat till Karolinska i Huddinge, där de beskriver sin insatskapacitet.



2008-05-22

Dnr: 2008-0596-30

Karolinska Universitetssjukhuset  
Säkerhetsavdelningen C1-56,  
Att: Marie Hansson  
141 86 Stockholm

## Insatskapacitet

Er förfrågan angående vår insatskapacitet kan vara svår att svara direkt på.

Till att börja med så är det **er risk** som ni skall ha skäligen resurser till för att kunna hantera. Som mycket riktigt framförs i ert brev så är ju räddningstjänstens roll i ett brandscenario hos er att släcka den brand som ni själva har misslyckats med att släcka.

Av Södertörns brandförsvärsförbunds brandstationer ligger Huddinge brandstation närmast sjukhuset. Huddinge brandstation består normalt av 1 befäl och 5 brandmän som dagtid kompletteras med ytterligare en resurs om 1 befäl och 2 brandmän. Brandstyrkan på varje brandstation är dimensionerad för att klara av en lägenhetsbrand eller liknande. Insatstiden för dessa styrkor är ca 10 min till centralapparaten för brandlarmet på sjukhuset, och för insats inne i sjukhuset får man räkna med ytterligare 5-15 min insatstid innan en brandsläckning av vår personal kan påbörjas.

Södertörns brandförsvärsförbund består idag av 9 kommuner. Vår ledningscentral belägen i Kungens Kurva disponerar samtliga resurser från dryga tiotalet brandstationer samt ett antal brandvärn. Resurserna används där de behövs för tillfället med hänsyn till olyckans art, övriga pågående aktiviteter i förbundsområdet samt beredskapsläget i stort. Utöver de egna resurserna finns avtal med samtliga räddningstjänster i Stockholms län om ömsesidig hjälp vid genomförandet av räddningsinsatser. Således finns goda förutsättningar att bygga upp en mycket stor räddningsorganisation samt att även resursförsörja denna över tiden. Vad framkommande räddningsresurser kan utföra beror på flera faktorer, bl a vilket stöd styrkorna kan få i form av information om fastighetens brandskydd (utrymningsstrategi, orientering i byggnaden, brandtekniska installationer, farliga ämnen etc).

Avslutningsvis vill jag återigen påpeka att brandsläckning är en extremt tidskritisk verksamhet. Samtliga tillgängliga räddningstjänstresurser är med största sannolikhet på "fel" plats om brand skulle utbryta på sjukhuset. Den första kvarten finns normalt ingen släckresurs

---

Södertörns brandförsvärsförbund

Box 563  
136 25 Haninge

Tfn: 08-721 22 00  
Fax: 08-721 22 23

www.sbf.se  
brandforesvaret@sbf.se

Org.nr.: 222000-0737

Sid 2

alls utöver sjukhusets egen personal, och att inom en halvtimme eller en timma ha t ex femtio man på plats kan inte påverka den skada som redan inträffat före vår framkomst.

Med vänlig hälsning

Södertörns brandförsvarsförbund

  
Claes-Göran Ohman

Brandingenjör och tillsynsför rättare Medicinaren 5



## Bilaga 6. CFast-utdata

I denna bilaga kan utdata från CFast-simuleringarna läsas. Dessa är åskådliggjorda i diagram och är uppdelade i först utdata från brandscenariot i expeditionen, därefter brandscenariot i dagrummet, patientrummet, patientrummet med initialt stängd dörr, expedition med initialt stängd dörr och till sist diagrammen från känslighetsanalysen.

Utdata från korridorerna delas in i tre delar. Dessa benämns nedan som korridorerna nummer följt av ett mellanrum och sektionens del. Sektionerna numreras med nummer ett närmast hisshallen. Benämningen "83 1" innebär alltså den tredjedel av korridor 83 som är belägen närmast hisshallen, medan "81 2" betyder mittendelen av korridor 81.

### Expeditionen

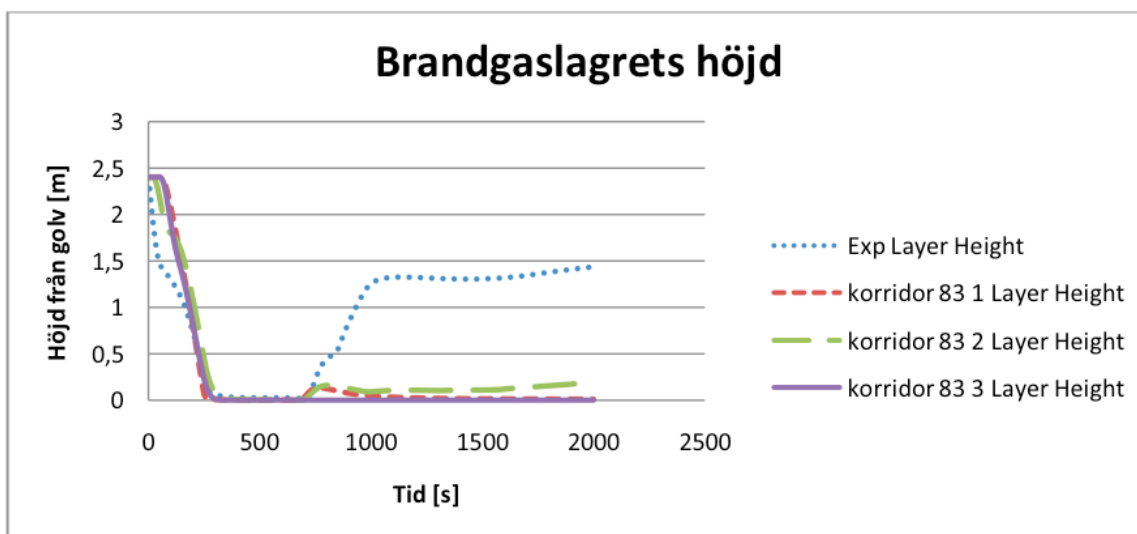


Diagram 6. Brandgaslagrets höjd i scenariot med brand i expeditionen. Att brandgaslagret höjs vid 13 minuter beror på att branden då slocknar i simuleringen. Korridor 83 1 och korridor 83 3 betecknar alltså delen av korridoren närmast hisshallen respektive närmast trapphuset. Utdata från korridor 81 redovisas inte då denna är identisk med de från korridor 83.

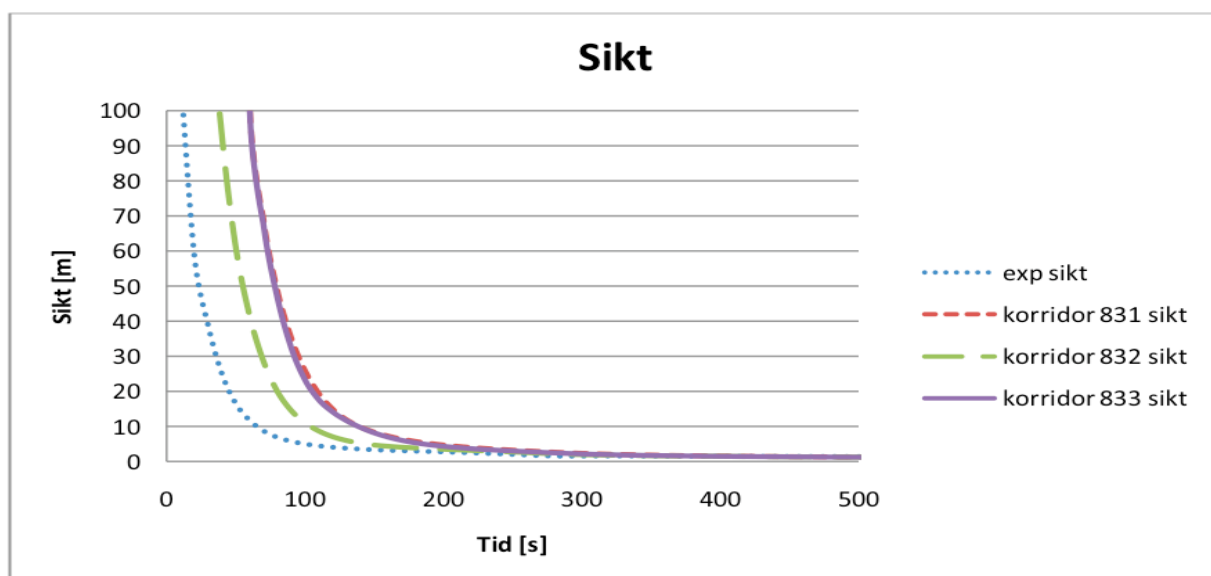


Diagram 7. Sikten i brandgaslagret över tiden i scenariot med brand i expeditionen. Korridor 83 1 och korridor 83 3 betecknar alltså delen av korridoren närmast hisshallen respektive närmast trapphuset. Utdata från korridor 81 redovisas inte då denna är identisk med de från korridor 83.

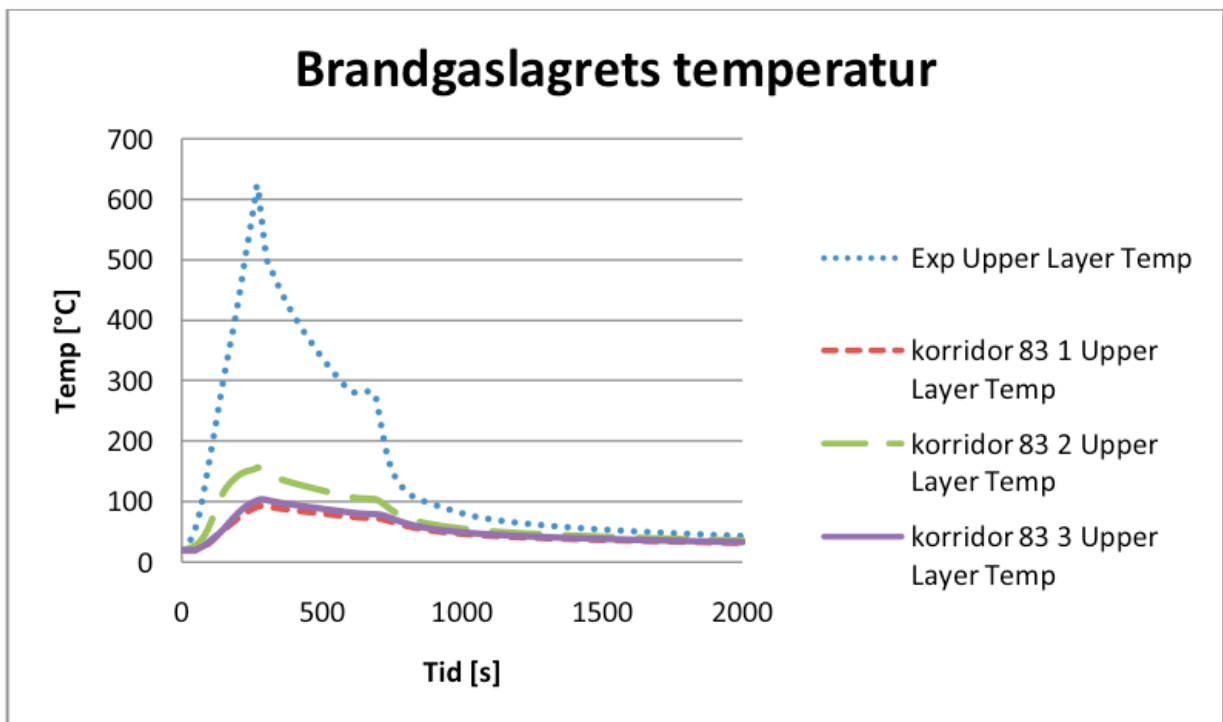


Diagram 8. Temperaturen i brandgaslagret över tiden i scenariot med brand i expeditionen. Den oregelbundna temperaturen i expeditionen beror på att branden blir ventilationskontrollerad. Korridor 83 1 och korridor 83 3 betecknar alltså delen av korridoren närmast hisshallen respektive närmast trapphuset. Utdatan från korridor 81 redovisas inte då denna är identisk med de från korridor 83.

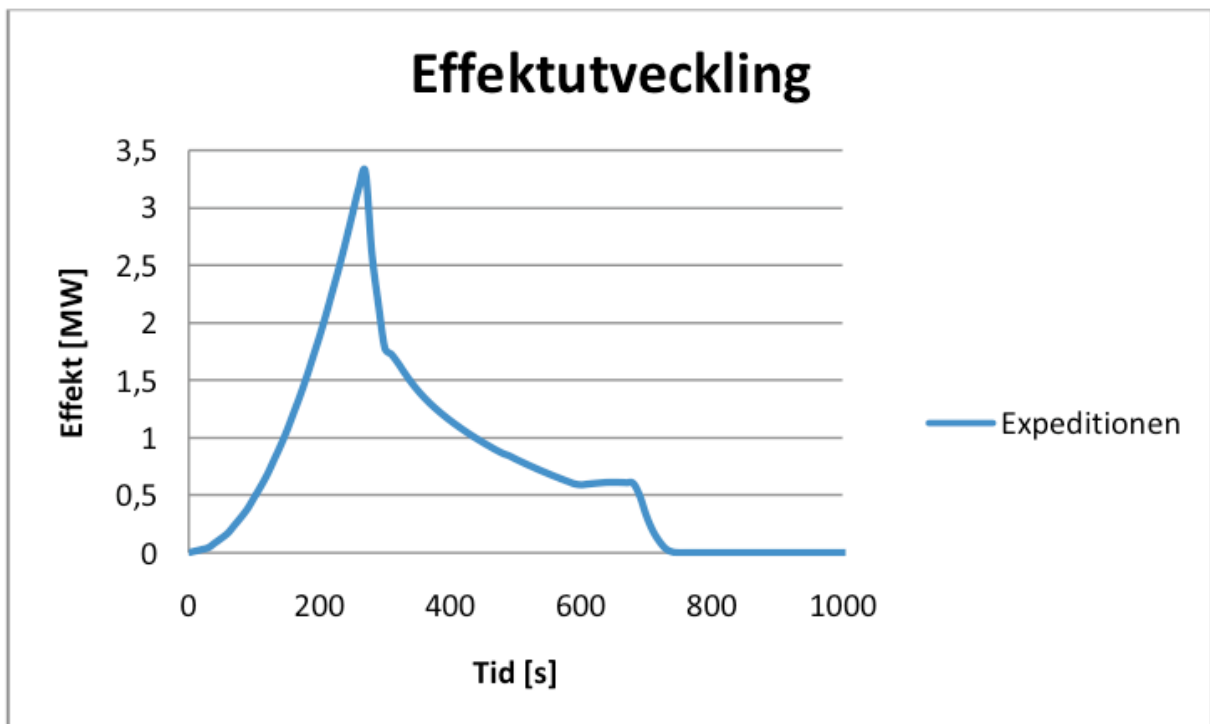


Diagram 9. Effektutvecklingen i scenariot med brand i expeditionen. Att utseendet skiljer sig från indatan beror på att CFast räknar med att branden efter ett tag blir ventilationskontrollerad.

## Dagrummet

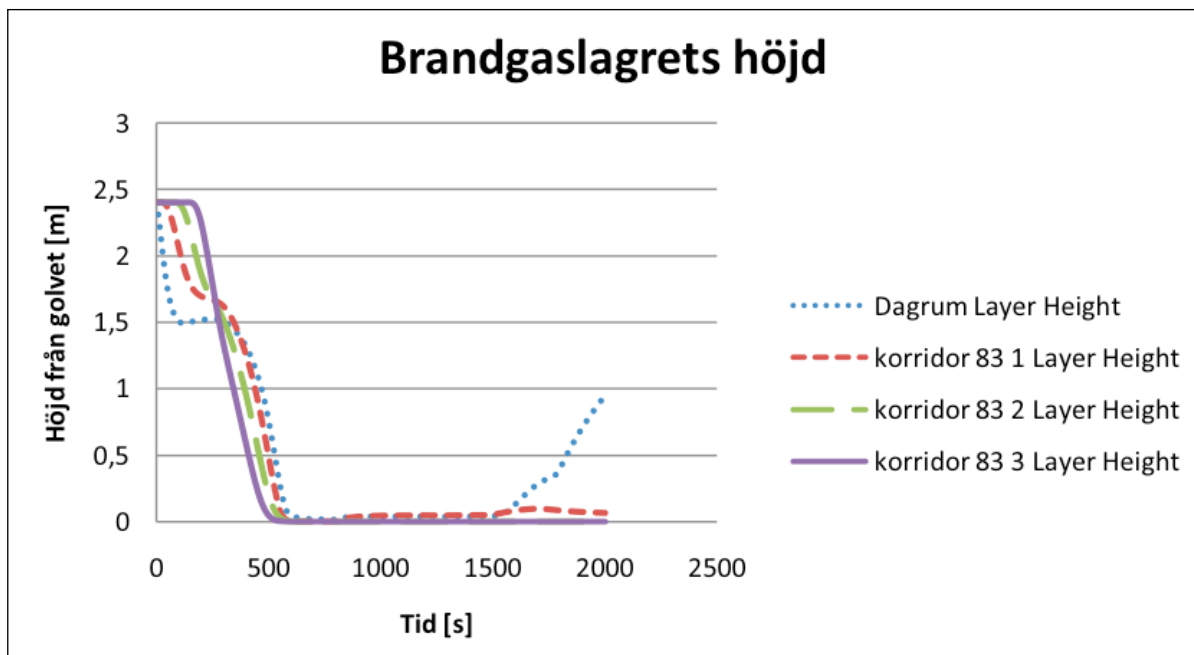


Diagram 10. Brandgaslagrets höjd i scenariot med brand i dagrummet. Att brandgaslagret höjs vid 28 minuter beror på att branden då slocknar i simuleringen. Korridor 83 1 och korridor 83 3 betecknar alltså delen av korridoren närmast hisshallen respektive närmast trapphuset. Utdatan från korridor 81 redovisas inte då denna är identisk med de från korridor 83.

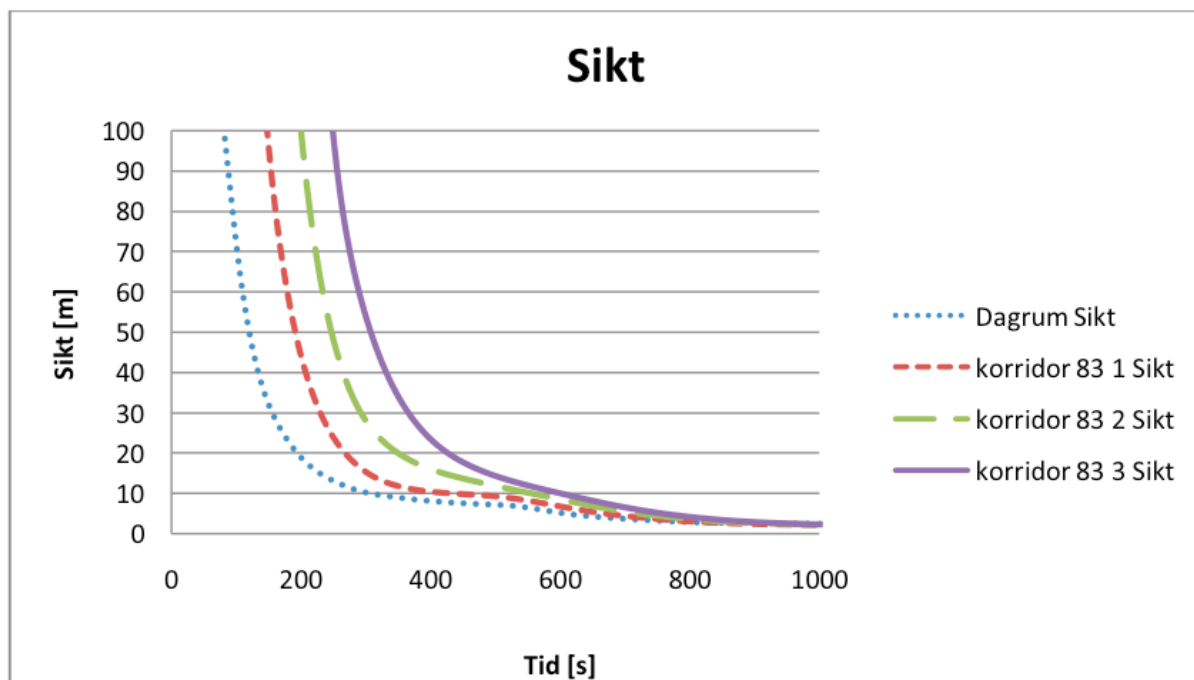


Diagram 11. Sikten i brandgaslagret över tiden i scenariot med brand i dagrummet. Korridor 83 1 och korridor 83 3 betecknar alltså delen av korridoren närmast hisshallen respektive närmast trapphuset. Utdatan från korridor 81 redovisas inte då denna är identisk med de från korridor 83.

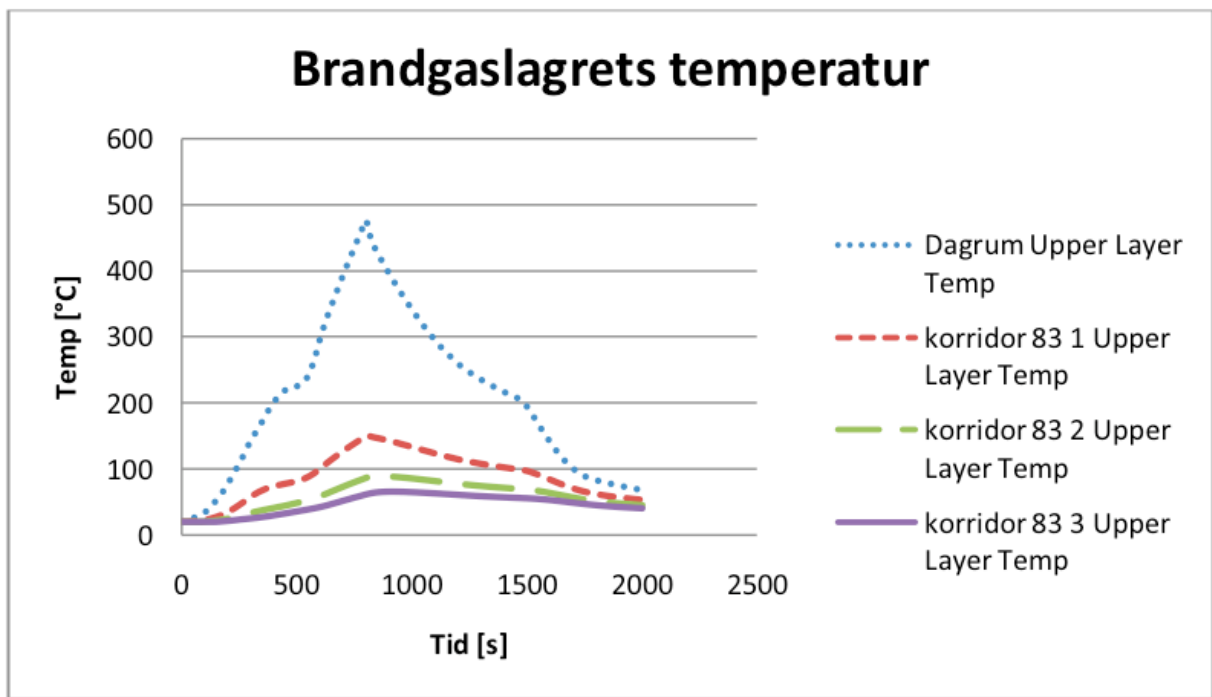


Diagram 12. Temperaturen i brandgaslagret över tiden i scenariot med brand i dagrummet. Temperaturkurvans utseende beror på att branden blir ventilationskontrollerad. Korridor 83 1 och korridor 83 3 betecknar alltså delen av korridoren närmast hisshallen respektive närmast trapphuset. Utdatan från korridor 81 redovisas inte då denna är identisk med de från korridor 83.

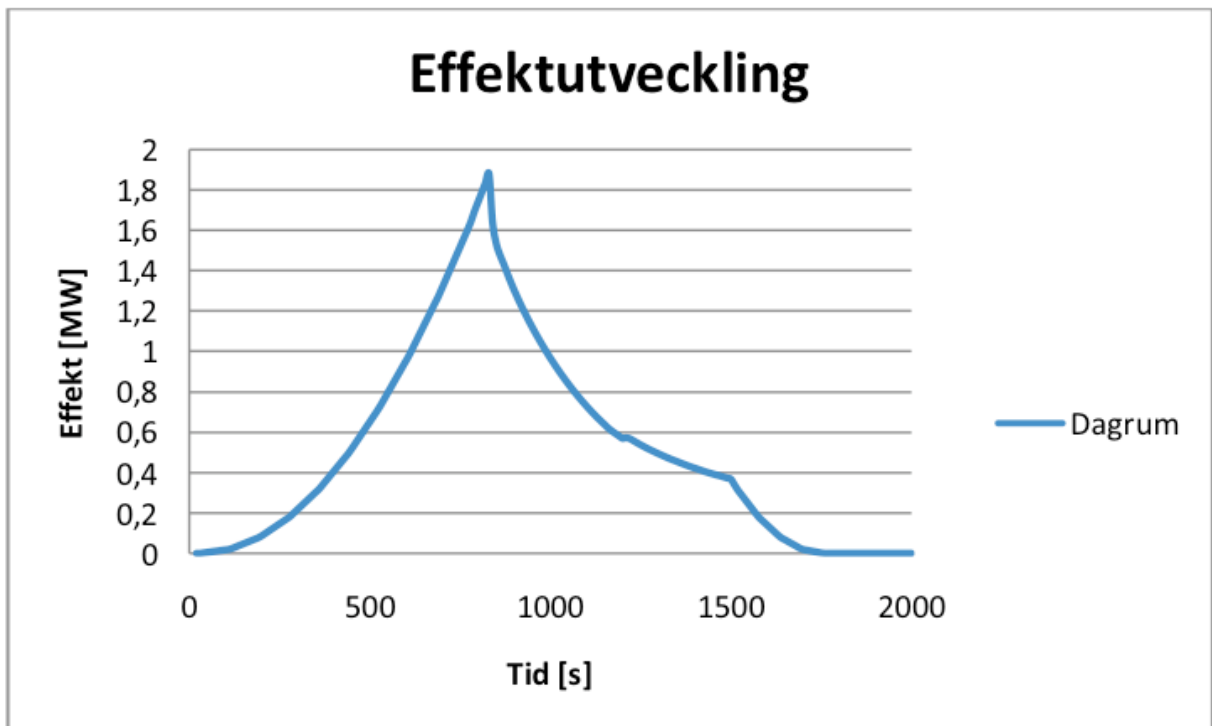


Diagram 13. Effektutvecklingen i scenariot med brand i expeditionen. Att utseendet skiljer sig från indatan beror på att CFAST räknar med att branden efter ett tag blir ventilationskontrollerad.

## Patientrummet

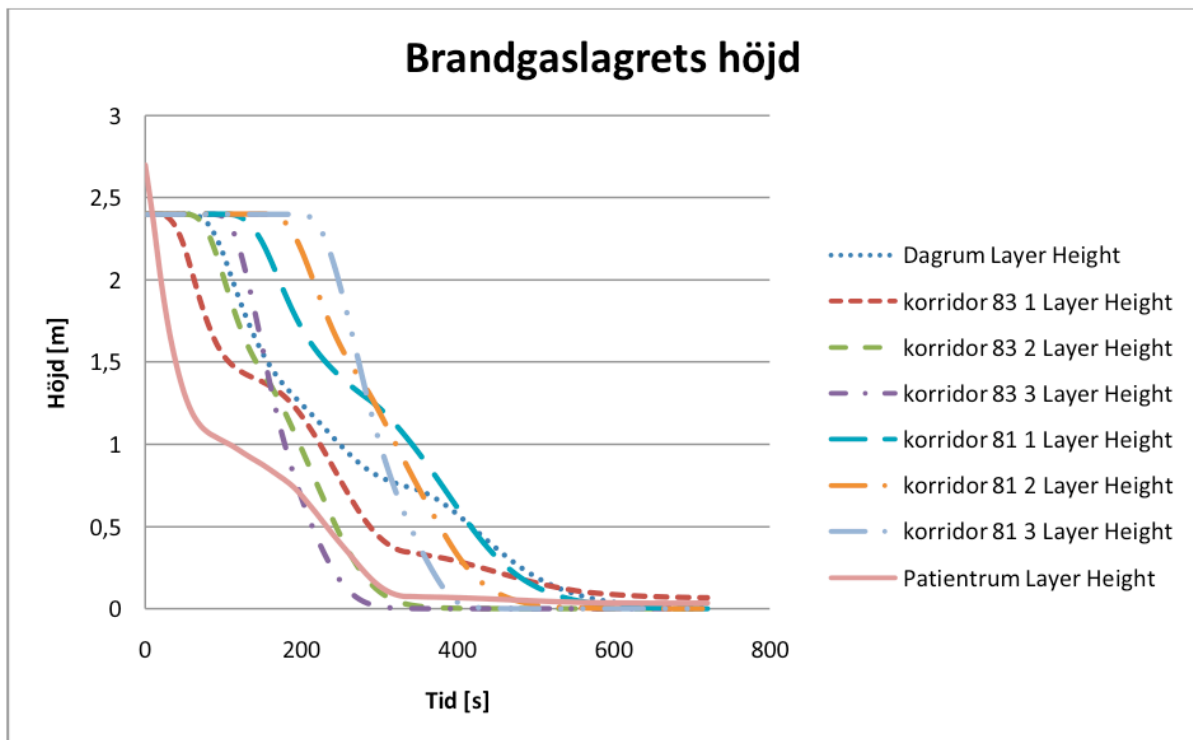


Diagram 14. Brandgaslagrets höjd i scenariot med brand i patientrummet. Patientrummets position medför att brandgaslagrets höjd skiljer mellan korridorerna. Korridor 83 1 och korridor 83 3 betecknar alltså delen av korridoren närmast hisshallen respektive närmast trapphuset. Detsamma gäller för korridor 81.

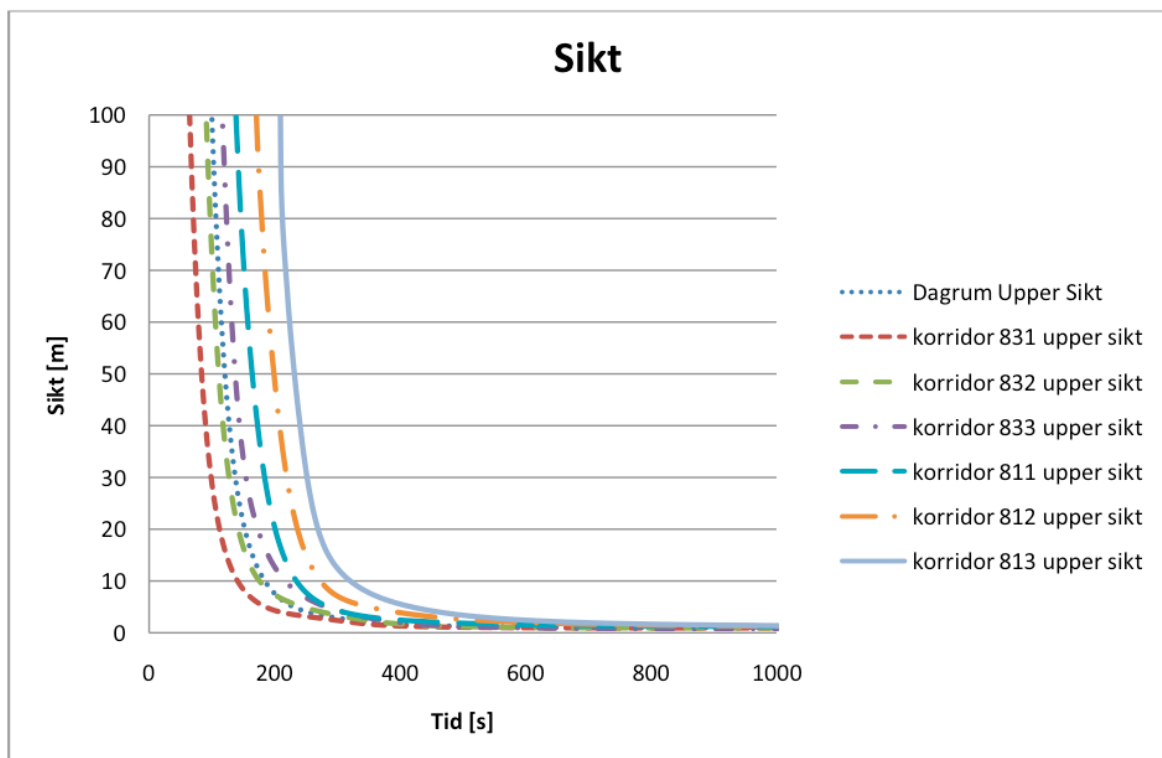


Diagram 15. Sikten i brandgaslagret vid scenariot med brand i patientrummet. Patientrummets position medför att brandgaslagrets sikt skiljer mellan korridorerna. Korridor 83 1 och korridor 83 3 betecknar alltså delen av korridoren närmast hisshallen respektive närmast trapphuset. Detsamma gäller för korridor 81.

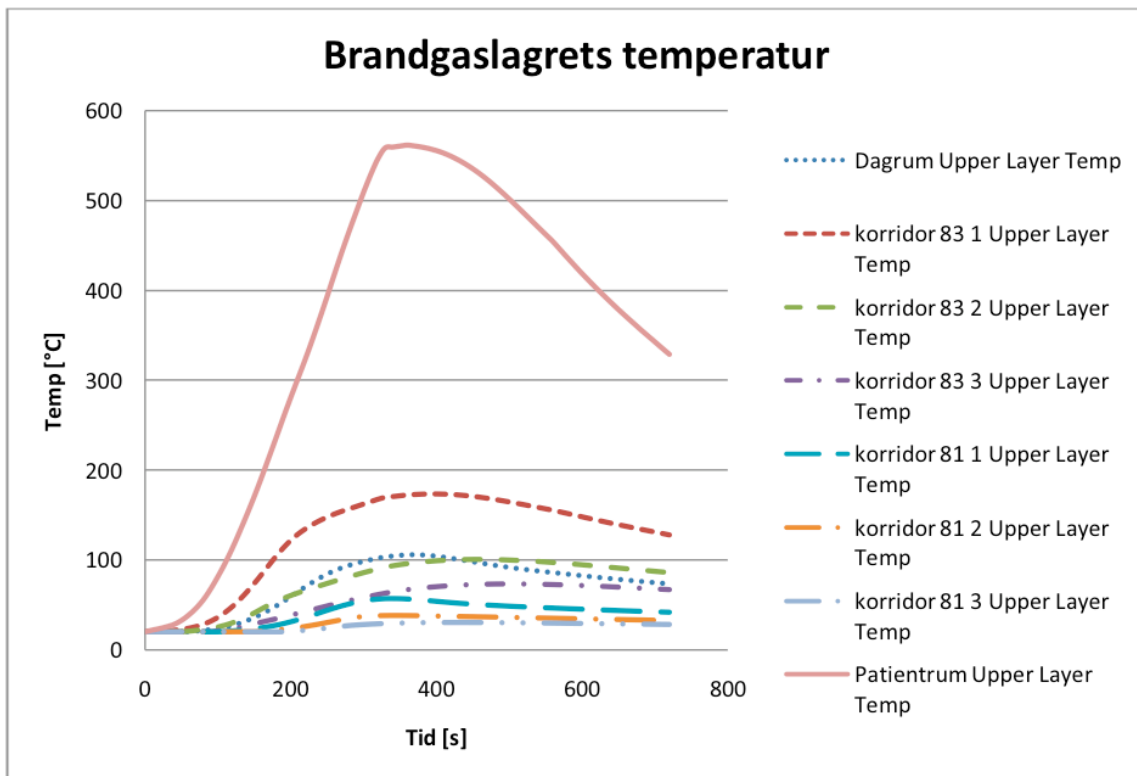


Diagram 16. Brandgaslagrets temperatur över tiden i scenariot med patientrummet. Patientrummets position medför att brandgaslagrets temperatur skiljer mellan korridorerna. Korridor 83 1 och korridor 83 3 betecknar alltså delen av korridoren närmast hisshallen respektive närmast trapphuset. Detsamma gäller för korridor 81.

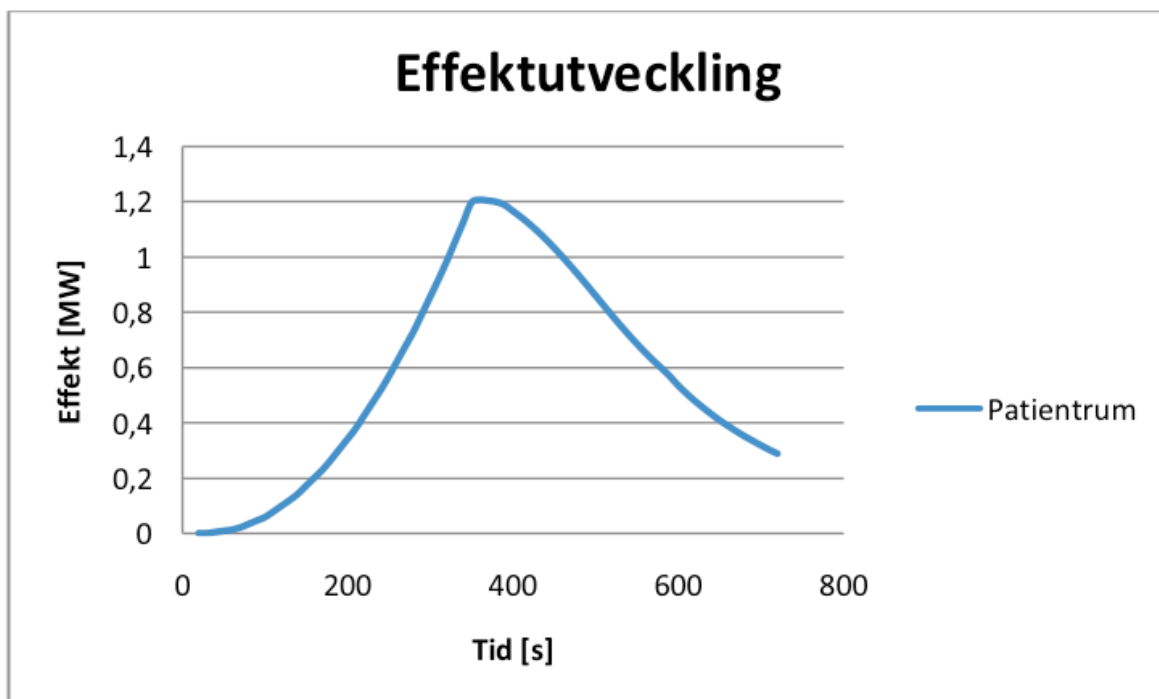


Diagram 17. Brandens effektutveckling över tiden i scenariot med brand i patientrummet. Att utseendet skiljer sig från indatan beror på att CFAST räknar med att branden efter ett tag blir ventilationskontrollerad.

## Dagrum med initialt stängd dörr

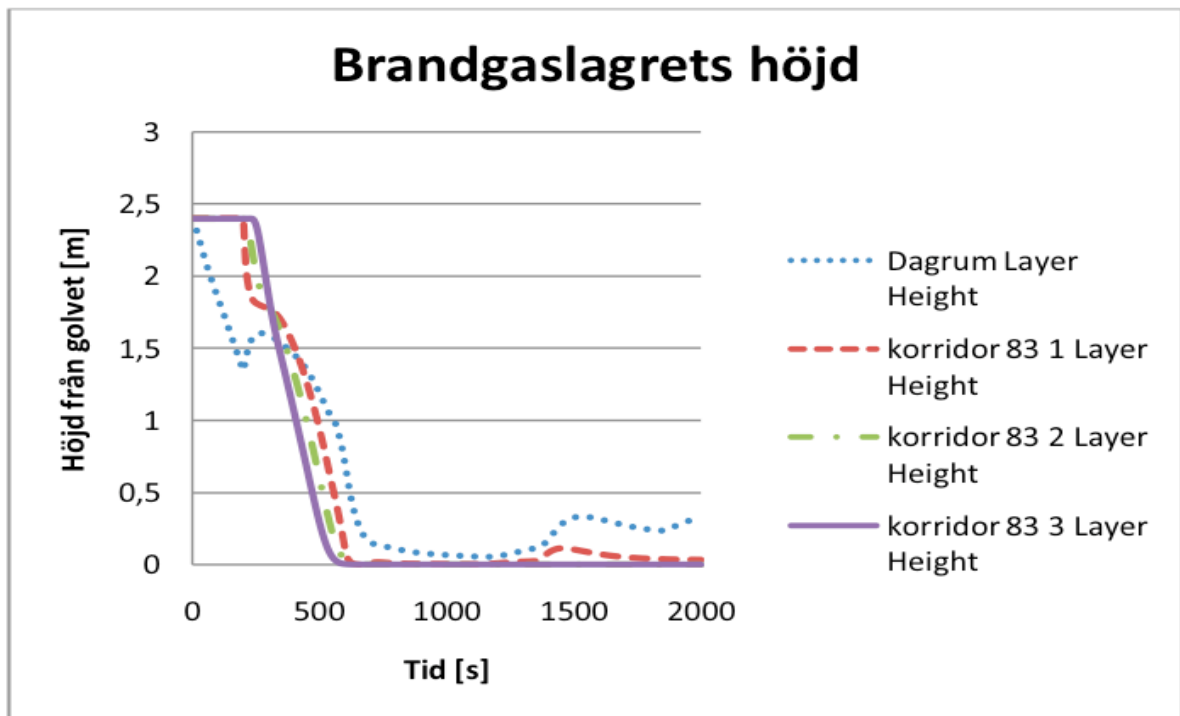


Diagram 18. Brandgaslagrets höjd i scenariot med brand i dagrummet med initialt stängd dörr. Dörren öppnas efter 300 sekunder vilket förklarar grafernas utseende. Korridor 83 1 och korridor 83 3 betecknar alltså delen av korridoren närmast hisshallen respektive närmast trapphuset. Korridor 81 redovisas inte då brandgaser i scenariot inte sprids hit.

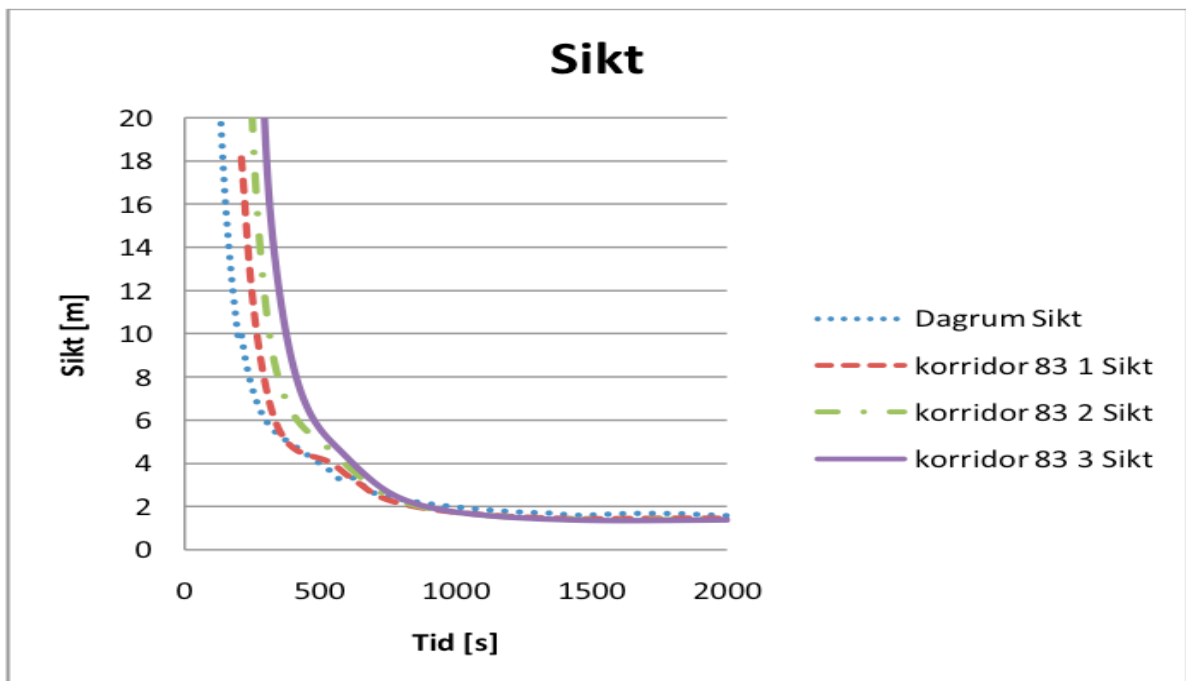


Diagram 19. Brandgaslagrets sikt i scenariot med brand i dagrummet med initialt stängd dörr. Dörren öppnas efter 300 sekunder vilket förklarar grafernas utseende. Korridor 83 1 och korridor 83 3 betecknar alltså delen av korridoren närmast hisshallen respektive närmast trapphuset. Korridor 81 redovisas inte då brandgaser i scenariot inte sprids hit.

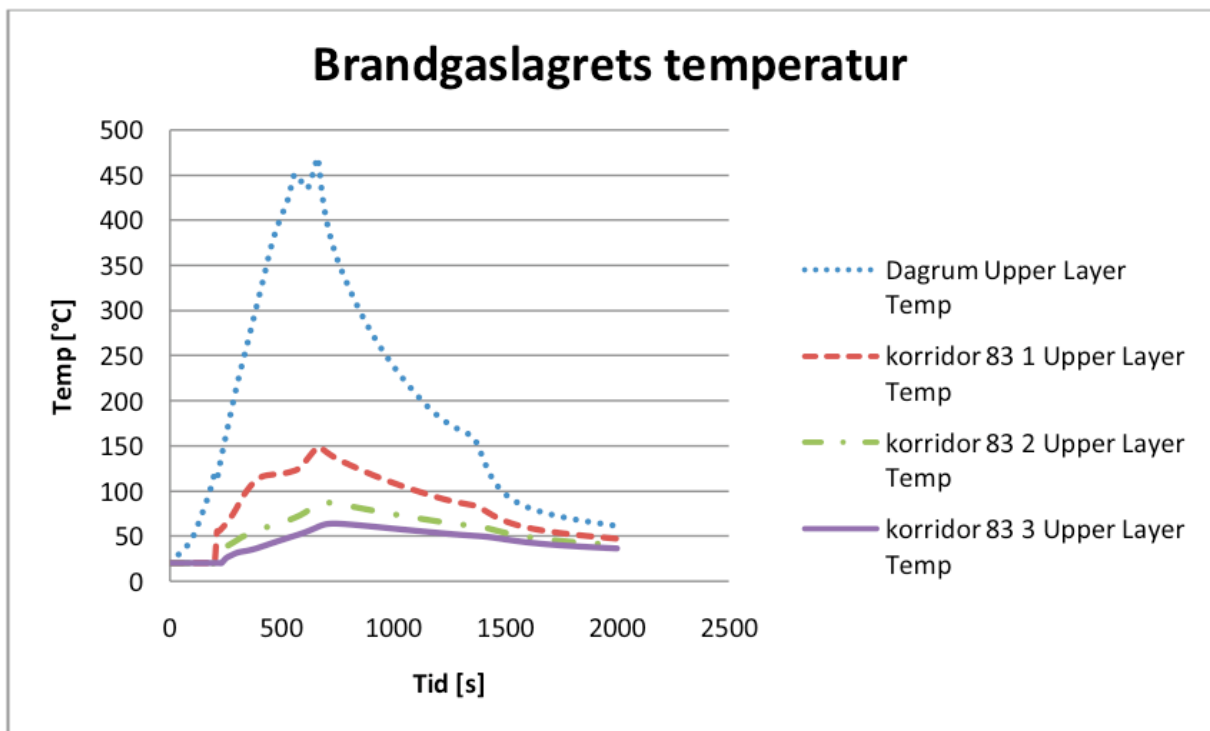


Diagram 20. Brandgaslagrets temperatur i scenariot med brand i dagrummet med initialt stängd dörr. Dörren öppnas efter 300 sekunder vilket förklarar grafernas utseende. Korridor 83 1 och korridor 83 3 betecknar alltså delen av korridoren närmast hisshallen respektive närmast trapphuset. Korridor 81 redovisas inte då brandgaser i scenariot inte sprids hit.

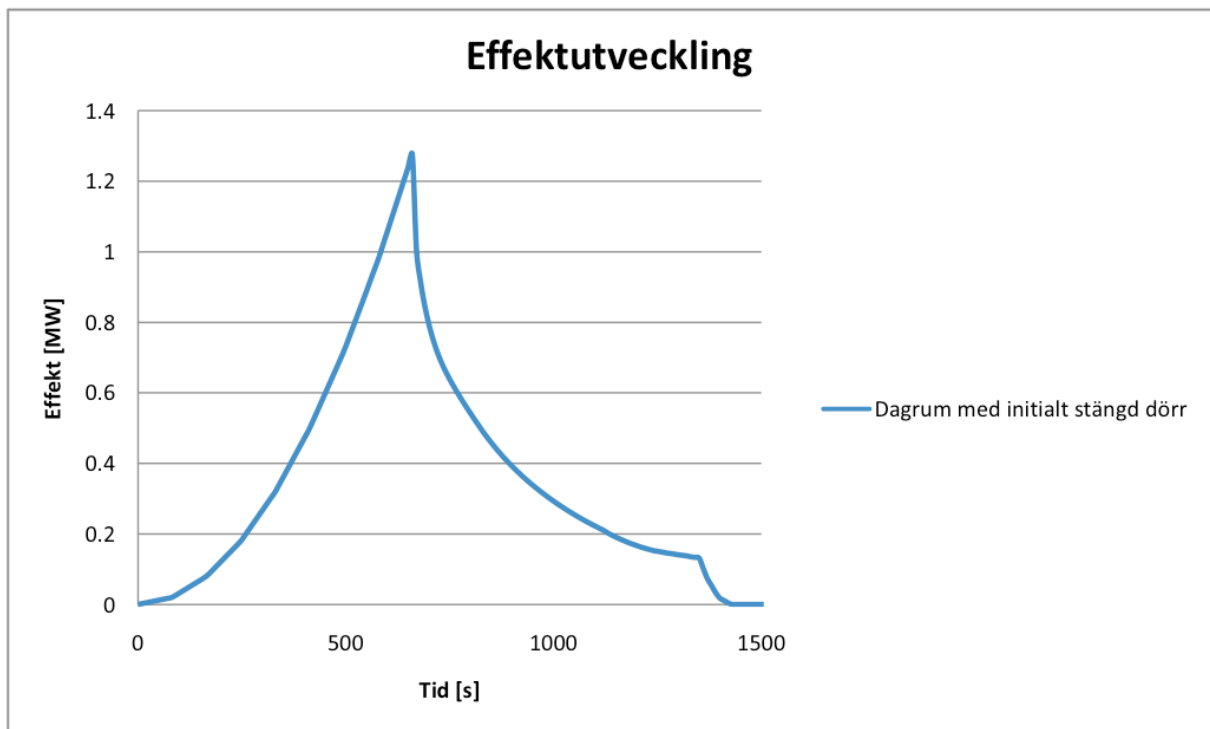


Diagram 21. Brandens effektutveckling i scenariot med brand i dagrummet med initialt stängd dörr. Att denna skiljer sig från den i scenariot med båda dörrarna öppna under hela simuleringen beror på att branden nu i högre grad begränsas av syretillgången.



## Expedition med initialt stängd dörr

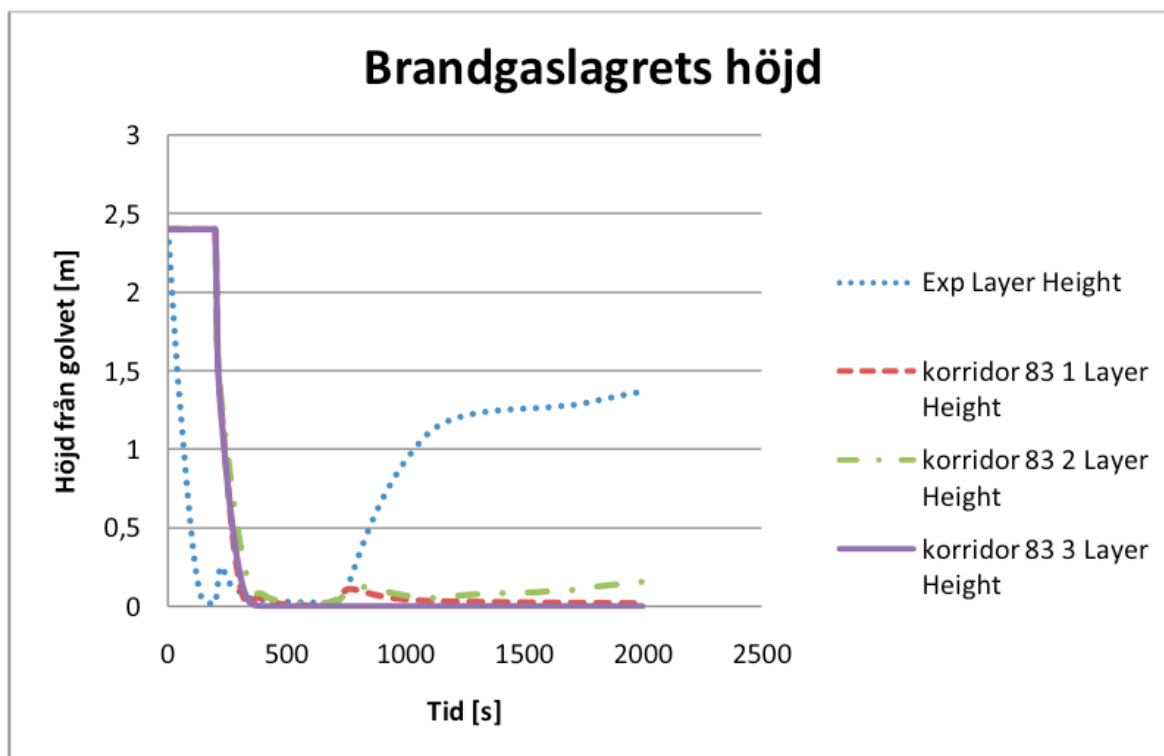


Diagram 22. Brandgaslagrets höjd i scenariot med brand i expeditionen med initialt stängd dörr. Dörren öppnas efter 300 sekunder vilket förklarar grafernas utseende. Korridor 83 1 och korridor 83 3 betecknar alltså delen av korridoren närmast hisshallen respektive närmast trapphuset. Korridor 81 redovisas inte då brandgaser i scenariot inte sprids hit.

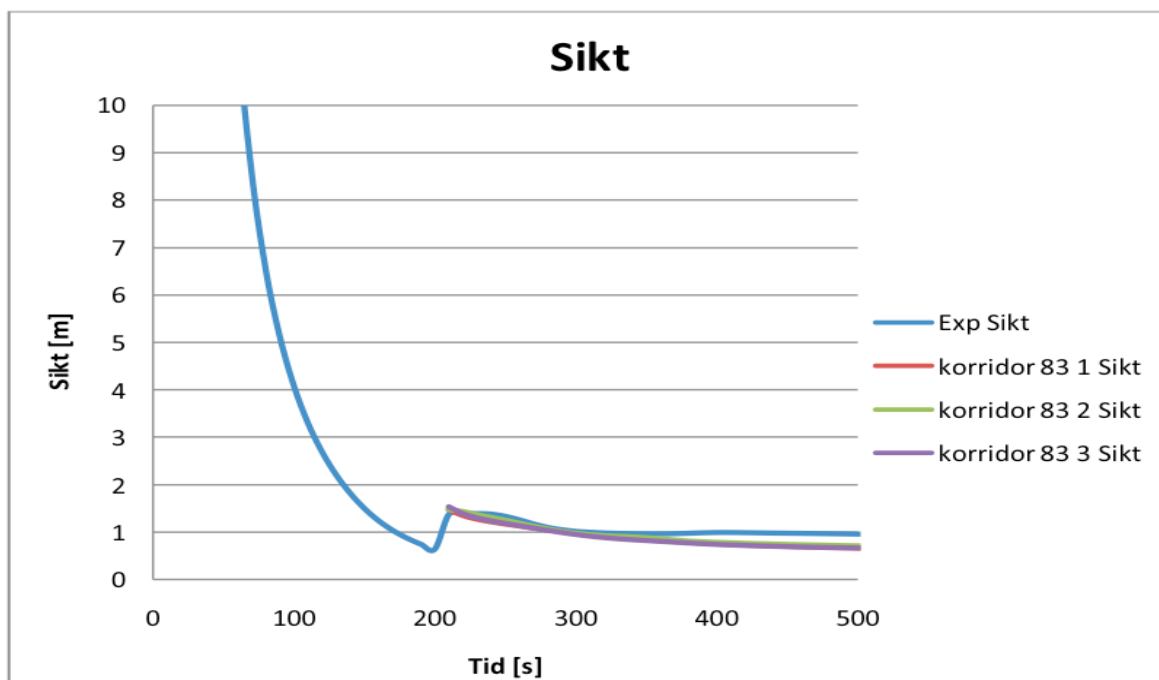


Diagram 23. Brandgaslagrets höjd i scenariot med brand i expeditionen med initialt stängd dörr. Dörren öppnas efter 300 sekunder, och då rökfylls korridoren momentant. Korridor 83 1 och korridor 83 3 betecknar alltså delen av korridoren närmast hisshallen respektive närmast trapphuset. Korridor 81 redovisas inte då brandgaser i scenariot inte sprids hit.

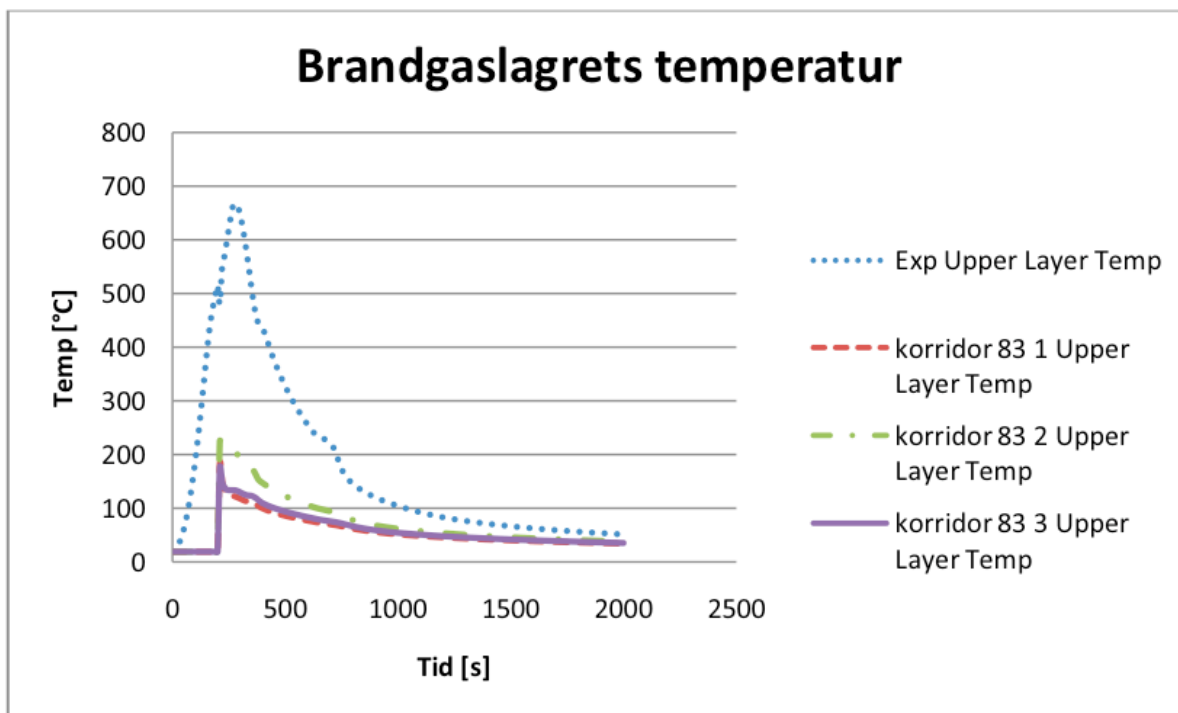


Diagram 24. Brandgaslagrets temperatur i scenariot med brand i expeditionen med initialt stängd dörr. Dörren öppnas efter 300 sekunder vilket förklarar grafernas utseende. Korridor 83 1 och korridor 83 3 betecknar alltså delen av korridoren närmast hisshallen respektive närmast trapphuset. Korridor 81 redovisas inte då brandgaser i scenariot inte sprids hit.

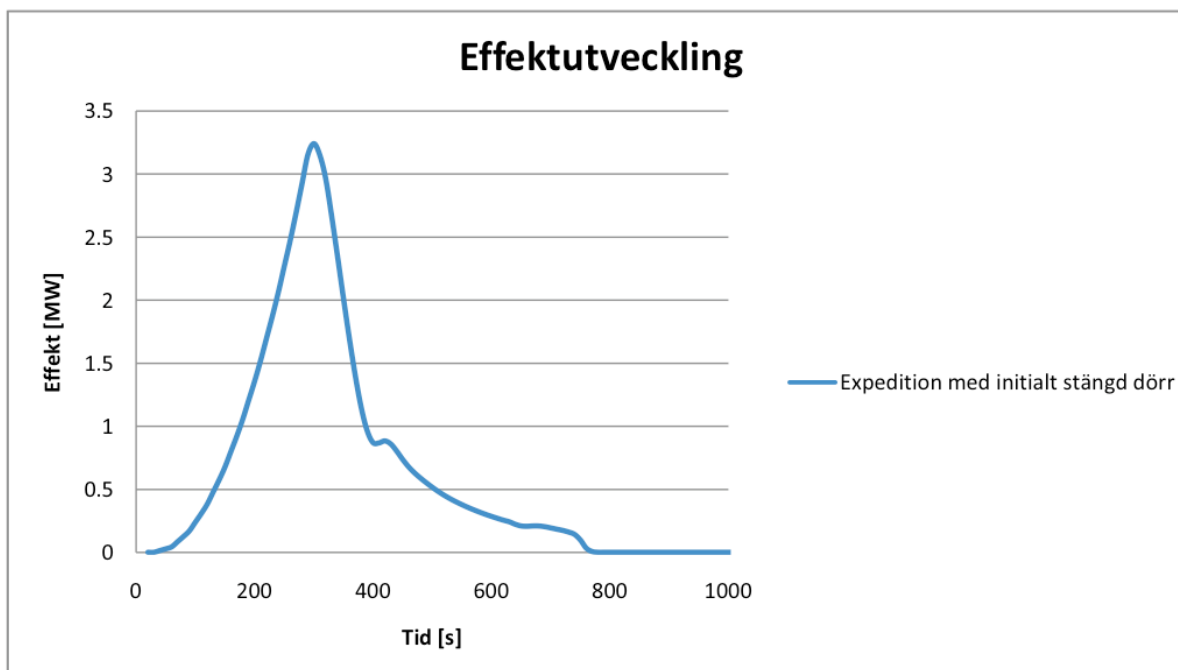


Diagram 25. Brandens effektutveckling i scenariot med brand i expeditionen med initialt stängd dörr. Att denna skiljer sig från den i scenariot med båda dörrarna öppna under hela simuleringen beror på att branden nu i högre grad begränsas av syretillgången.

## Känslighetsanalys

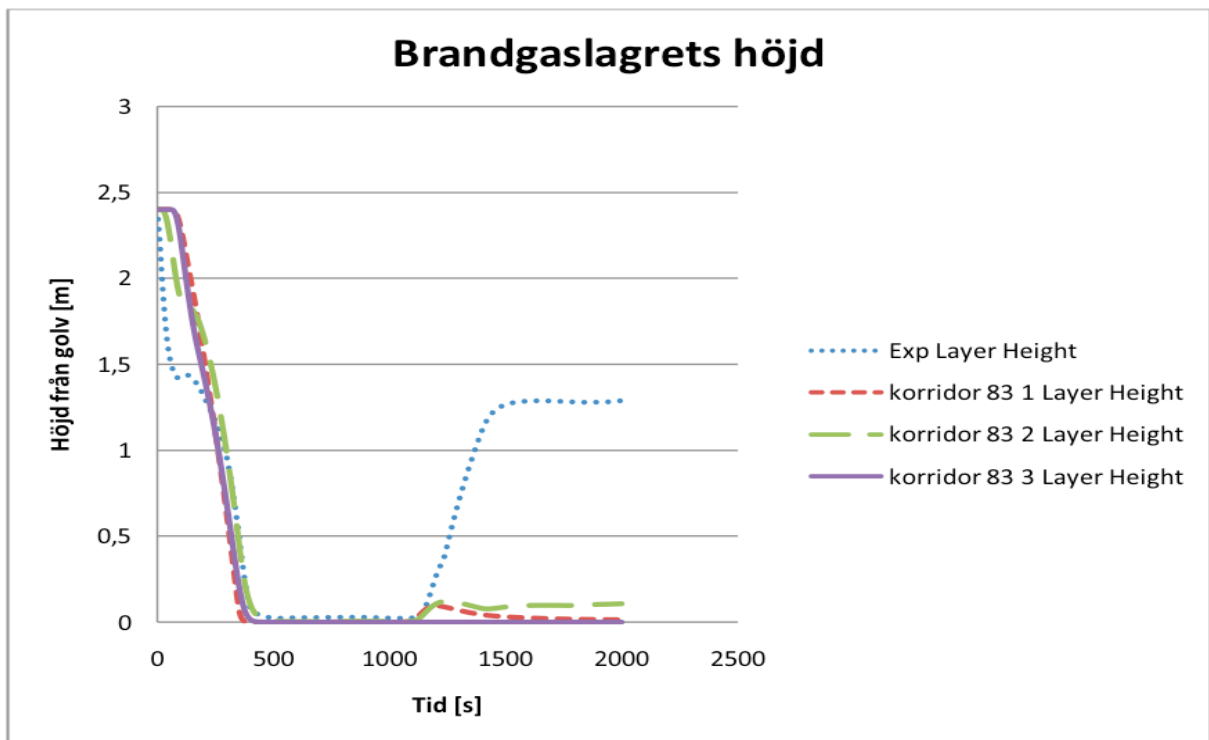


Diagram 26. Brandgaslagrets höjd i scenariot med brand i expedition med tillväxthastighet medium. Korridor 83 1 och korridor 83 3 betecknar alltså delen av korridoren närmast hisshallen respektive närmast trapphuset. Utdatan från korridor 81 redovisas inte då denna är identisk med de från korridor 83.

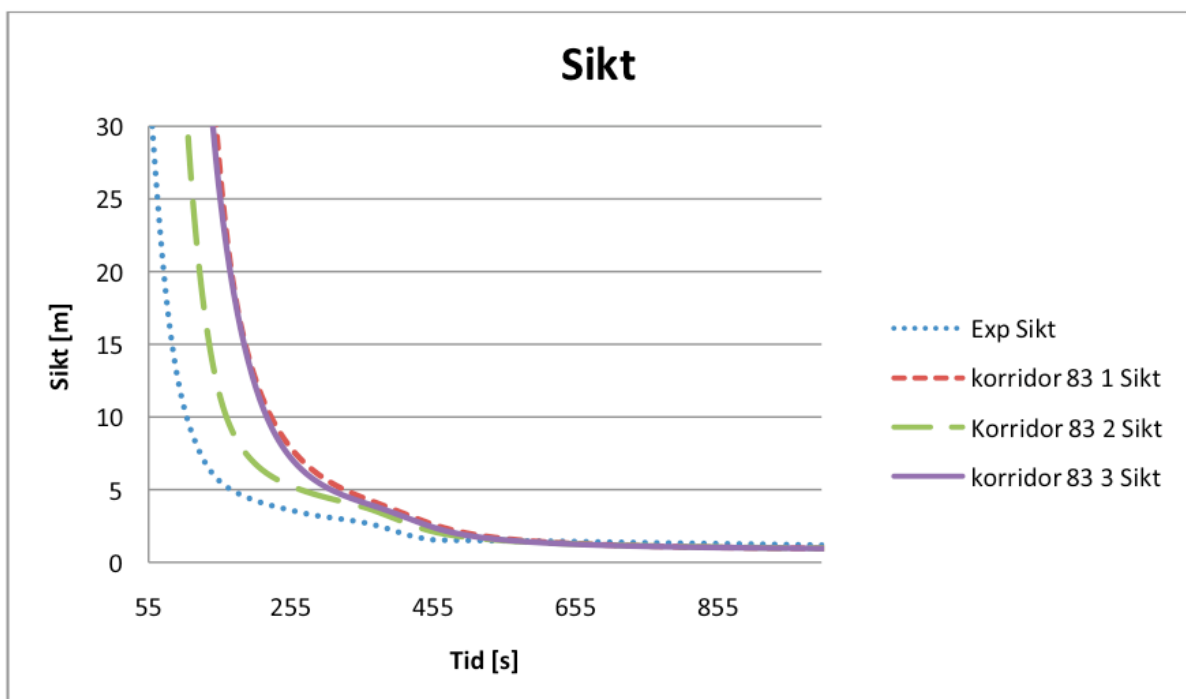


Diagram 27. Brandgaslagrets sikt i scenariot med brand i expedition med tillväxthastighet medium. Korridor 83 1 och korridor 83 3 betecknar alltså delen av korridoren närmast hisshallen respektive närmast trapphuset. Utdatan från korridor 81 redovisas inte då denna är identisk med de från korridor 83.

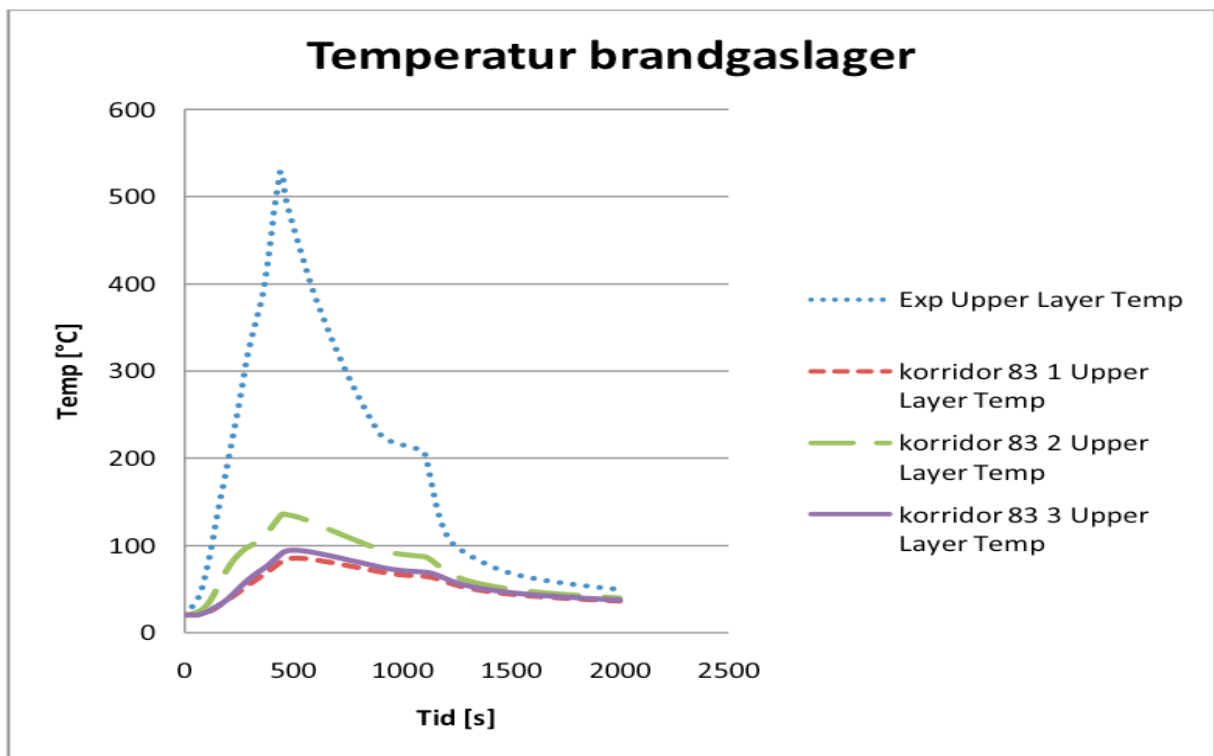


Diagram 28. Brandgaslagrets temperatur i scenariot med brand i expedition med tillväxthastighet medium. Korridor 83 1 och korridor 83 3 betecknar alltså delen av korridoren närmast hisshallen respektive närmast trapphuset. Utdata från korridor 81 redovisas inte då denna är identisk med de från korridor 83.

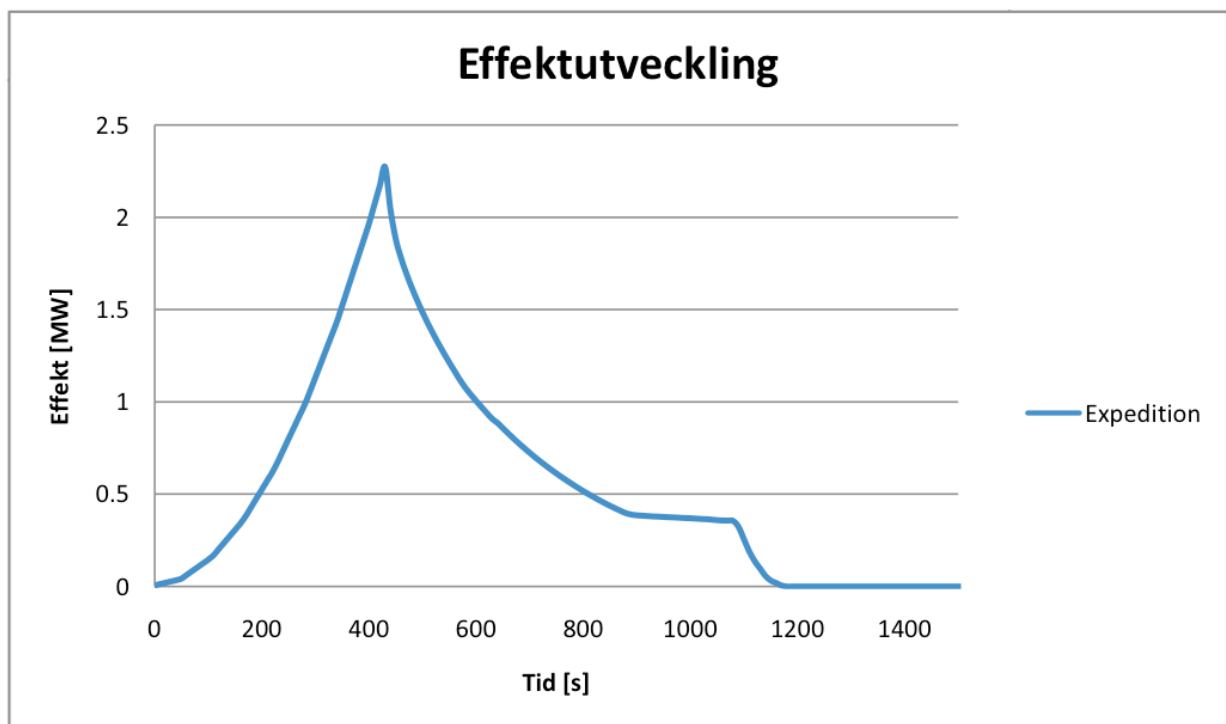


Diagram 29. Effektutvecklingen i scenariot med brand i expedition med tillväxthastighet medium.

# Bilaga 7. Frågeenkät

## Frågeenkät

Hejsan! Vi är en grupp från Brandingenjörsprogrammet på Lunds tekniska högskola som undersöker hur väl brandskyddet fungerar på er avdelning. Genom att fylla i denna enkät hjälper du oss att se hur väl tränad personalen är i frågor rörande brandsäkerheten. Självklart är denna enkät helt anonym. Tack på förhand!

Hur länge har du arbetat på avdelningen och vad är din huvudsakliga arbetsuppgift?

Har du fått någon brandskyddsutbildning på avdelningen? (använda brandsläckare t.ex.)

Om ja på föregående fråga, när genomförde du denna senast?

Vilka rutiner skall följas vid brandlarm?

Vet du var brandskyddsutrustning (brandsläckare, brandfilt) är belägen på avdelningen?

Anser du att det behövs fler övningar/mer utbildning för personalen?

Några egna tankar? Använd gärna baksidan på papperet!

# Bilaga 8. Handberäkningar

Då ett brandförlopp modelleras finns alltid en del osäkerheter. Olika modeller har olika giltighetsområden beroende på hur de har tagits fram och att helt förlita sig på bara en modell kan ge en felaktig bild av ett verkligt brandförlopp. För att jämföra de resultat som gavs av beräkningar med datorprogrammet CFast har handberäkningar utförts med hjälp av kontinuitetsekvationerna. Endast den tid det tar för brandgaslagret att fylla volymen mellan tak och övre delen av dörr, det vill säga tiden till att rök börjar spridas ut i korridorer, har beräknats. Handberäkningarna har utförts för expeditionen i scenariot där dörren är öppen.

## Kontinuitetsekvationerna

För att beräkna tiden för brandgaser att transporteras har kontinuitetsekvationer använts. Dessa bygger på lagen om energins bevarande och innebär att ökningen av den inre energin och nettoflödet av energi ut ur kontrollvolymen är den samma som nettovärmen som tillförs kontrollvolymen. Effekttutvecklingskurvan är tidsberoende enligt  $\dot{Q} = \alpha t^n$ . För att kunna göra handberäkningar måste dock en del antaganden göras då ekvationerna annars blivit väldigt komplexa. De antaganden som inbegrips är :

- Flödet är inkompressibelt, det vill säga densiteten varierar inte med trycket. Antas på grund av att tryckökningarna i ett brandförlopp är små.
- Turbulent flöde.
- Inte isoterma flöden, på grund av att densiteten beror av temperaturen.
- Förbränning är lika med frigjord energi.
- Tidsberoende.

## Beräkningar

Beräkningarna har utförts för expeditionen med scenariot att dörrarna är öppna hela tiden. Samtliga formler är hämtade från Karlsson och Quintiere, 2000. Effekttutvecklingen följer en  $\dot{Q} = \alpha t^2$ -kurva där  $\alpha$  beskriver brandens tillväxt. Nedan finns de ekvationer som används vid beräkningarna där ekvation (1) används för att ta fram tiden det tar för brandgaserna att transporteras till den aktuella höjden. Ekvation (2) används för att få fram ett värde på konstanten k. För att göra detta antas en densitet hos brandgaserna. Ekvation (3) används för att verifiera att den densitet på brandgaserna som används i ekvation (2) är korrekt. Om inte denna stämmer upprepas proceduren tills det att den antagna densiteten i ekvation (2) överensstämmer med den erhållna densiteten i ekvation (3).

$$(1) z = \left( \frac{k\alpha^{1/3}}{s} \frac{2t^{(1+n/3)}}{n+3} + \frac{1}{H^{2/3}} \right)^{-3/2} \quad (2) k = \frac{0,21}{\rho_g} \left( \frac{\rho_a^2 g}{c_p T_a} \right)^{1/3} \quad (3) \rho_g = \rho_a \left( 1 - \frac{\alpha t^{n+1}}{(n+1)(H-z)(Sc_p 353)} \right)$$

där

z = brandgaslagrets höjd (m)

$\alpha$  = tillväxthastigheten (kW/s<sup>2</sup>)

S = golvarean (m<sup>2</sup>)

t = tid (s)

n = faktor för att beskriva effekttutvecklingen. För en konstant effekttutveckling är n = 0, för en linjär är n = 1 och för en kvadratisk är n = 2. (-)

H = takhöjden i rummet (m)  
 $\rho_g$  = brandgasernas densitet (kg/m<sup>3</sup>)  
 $\rho_a$  = omgivande lufts densitet (kg/m<sup>3</sup>)  
g = gravitationskonstanten (m/s<sup>2</sup>)  
 $c_p$  = specifik värmekapacitet kJ/(kg•K)  
 $T_a$  = omgivningens temperatur (K)

För dessa beräkningar har följande värden använts:  $z = 2,1$  m,  $\alpha = 0,047$  kW/s<sup>2</sup> (innebär snabb tillväxthastighet),  $S = 24$  m<sup>2</sup>,  $n = 2$ , och  $H = 2,4$  m. Initialt antas  $\rho_g$  vara 1,15 kg/m<sup>3</sup>.

## Resultat

Med ovanstående värden beräknades tiden tills att brandgaserna sprids från expeditionen till 18,5 sekunder. Brandgasernas densitet är då 1,15 kg/m<sup>3</sup> vilket överensstämmer med den antagna densiteten. Temperaturen på brandgaserna fås genom att använda följande ekvation:

$$T_g = \frac{353}{\rho_g}$$

med enheter enligt tidigare. Temperaturen på brandgaserna med densiteten 1,15 kg/m<sup>3</sup> blir då 34 grader celsius.

## Jämförelse med CFast

Tiden till det att brandgaserna började spridas ut ur expeditionen till korridorerna blev enligt handberäkningarna 18,5 sekunder. I CFast beräknades tiden för samma förlopp till 16 sekunder.

Temperaturen i brandgaslagret efter 18,5 sekunder är enligt handberäkningarna 34 °C vilket är ungefär detsamma som CFast anger.

Dessa två tider och temperaturer överensstämmer alltså väl och innebär att de beräkningar som utförts med CFast är rimliga i brandrummet.

## Bilaga 9. ERM-utdata

Nedan följer utdatan från ERM. Datan från resepektive scenario har jämförts med utdata från CFast för att se hur många som hinner utrymmas innan kritiska förhållanden uppstår.

Det som skiljer de olika scenarierna är att den ordning patienterna hämtas är olika beroende på hur nära brandrummet de befinner sig. De som befinner sig närmast brandrummet hämtas först. För att undersöka hur många som hinner utrymmas genom trappan har bara en beräkning gjord för samtliga fall där patienterna närmast trappan hämtas först.

För att få en uppfattning om vart varje patient är belägen har varje patients utgångsläge markerats i figuren nedan.



Figur 4 visar varje patients utgångsläge.

### Expeditionen – primär utrymningsväg

STAFF MEMBER 1 STARTS TOWARD	RESIDENT 11 AT TIME	.17
STAFF MEMBER 2 STARTS TOWARD	RESIDENT 29 AT TIME	.17
STAFF MEMBER 3 STARTS TOWARD	RESIDENT 12 AT TIME	.17
STAFF MEMBER 4 STARTS TOWARD	RESIDENT 30 AT TIME	.17
STAFF MEMBER 4 ARRIVES TO AID	RESIDENT 30 AT TIME	.38
EGRESS ENDED FOR	RESIDENT 34 AT TIME	.42
STAFF MEMBER 3 ARRIVES TO AID	RESIDENT 12 AT TIME	.52
EGRESS ENDED FOR	RESIDENT 33 AT TIME	.52
EGRESS ENDED FOR	RESIDENT 15 AT TIME	.54
STAFF MEMBER 1 ARRIVES TO AID	RESIDENT 11 AT TIME	.58
STAFF MEMBER 2 ARRIVES TO AID	RESIDENT 29 AT TIME	.61
EGRESS ENDED FOR	RESIDENT 10 AT TIME	.86
EGRESS ENDED FOR	RESIDENT 8 AT TIME	.98
EGRESS ENDED FOR	RESIDENT 6 AT TIME	.99
EGRESS ENDED FOR	RESIDENT 27 AT TIME	.99
EGRESS ENDED FOR	RESIDENT 4 AT TIME	1.09



STAFF MEMBER	4	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 30	AT TIME	1.23
STAFF MEMBER	3	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 12	AT TIME	1.33
STAFF MEMBER	1	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 11	AT TIME	1.54
STAFF MEMBER	2	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 29	AT TIME	1.58
STAFF MEMBER	4	STARTS TOWARD	RESIDENT 9	AT TIME	1.73
STAFF MEMBER	3	STARTS TOWARD	RESIDENT 1	AT TIME	1.83
STAFF MEMBER	1	STARTS TOWARD	RESIDENT 21	AT TIME	2.04
STAFF MEMBER	2	STARTS TOWARD	RESIDENT 2	AT TIME	2.08
STAFF MEMBER	4	ARRIVES TO AID	RESIDENT 9	AT TIME	2.34
STAFF MEMBER	3	ARRIVES TO AID	RESIDENT 1	AT TIME	2.48
STAFF MEMBER	1	ARRIVES TO AID	RESIDENT 21	AT TIME	2.80
STAFF MEMBER	2	ARRIVES TO AID	RESIDENT 2	AT TIME	2.84
STAFF MEMBER	4	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 9	AT TIME	3.59
STAFF MEMBER	4	STARTS TOWARD	RESIDENT 22	AT TIME	4.09
STAFF MEMBER	3	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 1	AT TIME	4.09
STAFF MEMBER	1	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 21	AT TIME	4.40
STAFF MEMBER	2	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 2	AT TIME	4.45
STAFF MEMBER	3	STARTS TOWARD	RESIDENT 3	AT TIME	4.59
STAFF MEMBER	4	ARRIVES TO AID	RESIDENT 22	AT TIME	4.85
STAFF MEMBER	1	STARTS TOWARD	RESIDENT 23	AT TIME	4.90
STAFF MEMBER	2	STARTS TOWARD	RESIDENT 24	AT TIME	4.95
STAFF MEMBER	3	ARRIVES TO AID	RESIDENT 3	AT TIME	5.24
STAFF MEMBER	1	ARRIVES TO AID	RESIDENT 23	AT TIME	5.55
STAFF MEMBER	2	ARRIVES TO AID	RESIDENT 24	AT TIME	5.71
STAFF MEMBER	4	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 22	AT TIME	6.45
STAFF MEMBER	3	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 3	AT TIME	6.85
STAFF MEMBER	4	STARTS TOWARD	RESIDENT 5	AT TIME	6.95
STAFF MEMBER	1	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 23	AT TIME	7.15
STAFF MEMBER	2	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 24	AT TIME	7.31
STAFF MEMBER	3	STARTS TOWARD	RESIDENT 25	AT TIME	7.35
STAFF MEMBER	1	STARTS TOWARD	RESIDENT 26	AT TIME	7.65
STAFF MEMBER	4	ARRIVES TO AID	RESIDENT 5	AT TIME	7.65
STAFF MEMBER	2	STARTS TOWARD	RESIDENT 7	AT TIME	7.81
STAFF MEMBER	3	ARRIVES TO AID	RESIDENT 25	AT TIME	8.06
STAFF MEMBER	1	ARRIVES TO AID	RESIDENT 26	AT TIME	8.23
STAFF MEMBER	2	ARRIVES TO AID	RESIDENT 7	AT TIME	8.51
STAFF MEMBER	4	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 5	AT TIME	9.09
STAFF MEMBER	3	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 25	AT TIME	9.51
STAFF MEMBER	4	STARTS TOWARD	RESIDENT 28	AT TIME	9.59
STAFF MEMBER	1	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 26	AT TIME	9.67
STAFF MEMBER	2	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 7	AT TIME	9.95
STAFF MEMBER	3	STARTS TOWARD	RESIDENT 31	AT TIME	10.01
STAFF MEMBER	1	STARTS TOWARD	RESIDENT 13	AT TIME	10.17
STAFF MEMBER	3	ARRIVES TO AID	RESIDENT 31	AT TIME	10.26
STAFF MEMBER	4	ARRIVES TO AID	RESIDENT 28	AT TIME	10.30

STAFF MEMBER	2	STARTS TOWARD	RESIDENT 32	AT TIME	10.45
STAFF MEMBER	1	ARRIVES TO AID	RESIDENT 13	AT TIME	10.55
STAFF MEMBER	2	ARRIVES TO AID	RESIDENT 32	AT TIME	10.83
STAFF MEMBER	3	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 31	AT TIME	10.98
STAFF MEMBER	1	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 13	AT TIME	11.28
STAFF MEMBER	3	STARTS TOWARD	RESIDENT 14	AT TIME	11.48
STAFF MEMBER	2	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 32	AT TIME	11.55
STAFF MEMBER	4	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 28	AT TIME	11.75
STAFF MEMBER	1	STARTS TOWARD	RESIDENT 16	AT TIME	11.78
STAFF MEMBER	3	ARRIVES TO AID	RESIDENT 14	AT TIME	11.85
STAFF MEMBER	1	ARRIVES TO AID	RESIDENT 16	AT TIME	12.04
STAFF MEMBER	2	STARTS TOWARD	RESIDENT 17	AT TIME	12.05
STAFF MEMBER	4	STARTS TOWARD	RESIDENT 18	AT TIME	12.25
STAFF MEMBER	2	ARRIVES TO AID	RESIDENT 17	AT TIME	12.51
STAFF MEMBER	3	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 14	AT TIME	12.58
STAFF MEMBER	4	ARRIVES TO AID	RESIDENT 18	AT TIME	12.71
STAFF MEMBER	1	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 16	AT TIME	12.78
STAFF MEMBER	2	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 17	AT TIME	13.06
STAFF MEMBER	3	STARTS TOWARD	RESIDENT 19	AT TIME	13.08
STAFF MEMBER	3	ARRIVES TO AID	RESIDENT 19	AT TIME	13.25
STAFF MEMBER	4	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 18	AT TIME	13.26
STAFF MEMBER	1	STARTS TOWARD	RESIDENT 20	AT TIME	13.28
STAFF MEMBER	1	ARRIVES TO AID	RESIDENT 20	AT TIME	13.45
STAFF MEMBER	3	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 19	AT TIME	13.80
STAFF MEMBER	1	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 20	AT TIME	13.99
STAFF MEMBER	2	IS PERMANENTLY OUTSIDE		AT TIME	14.02
STAFF MEMBER	4	IS PERMANENTLY OUTSIDE		AT TIME	14.02
STAFF MEMBER	3	IS PERMANENTLY OUTSIDE		AT TIME	14.30
STAFF MEMBER	1	IS PERMANENTLY OUTSIDE		AT TIME	14.49

## Patientdagrum – primär utrymningsväg

STAFF MEMBER	1	STARTS TOWARD	RESIDENT 13	AT TIME	.17
STAFF MEMBER	2	STARTS TOWARD	RESIDENT 31	AT TIME	.17
STAFF MEMBER	3	STARTS TOWARD	RESIDENT 14	AT TIME	.17
STAFF MEMBER	4	STARTS TOWARD	RESIDENT 32	AT TIME	.17
STAFF MEMBER	4	ARRIVES TO AID	RESIDENT 32	AT TIME	.33
		EGRESS ENDED FOR	RESIDENT 34	AT TIME	.42
STAFF MEMBER	3	ARRIVES TO AID	RESIDENT 14	AT TIME	.48
		EGRESS ENDED FOR	RESIDENT 33	AT TIME	.52
		EGRESS ENDED FOR	RESIDENT 15	AT TIME	.54
STAFF MEMBER	2	ARRIVES TO AID	RESIDENT 31	AT TIME	.64
STAFF MEMBER	1	ARRIVES TO AID	RESIDENT 13	AT TIME	.68
		EGRESS ENDED FOR	RESIDENT 10	AT TIME	.86

EGRESS ENDED FOR	RESIDENT	8	AT TIME	.98
EGRESS ENDED FOR	RESIDENT	6	AT TIME	.99
EGRESS ENDED FOR	RESIDENT	27	AT TIME	.99
STAFF MEMBER	4	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 32	AT TIME 1.04
EGRESS ENDED FOR	RESIDENT	4	AT TIME	1.09
STAFF MEMBER	3	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 14	AT TIME 1.21
STAFF MEMBER	2	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 31	AT TIME 1.36
STAFF MEMBER	1	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 13	AT TIME 1.41
STAFF MEMBER	4	STARTS TOWARD	RESIDENT 16	AT TIME 1.54
STAFF MEMBER	3	STARTS TOWARD	RESIDENT 17	AT TIME 1.71
STAFF MEMBER	2	STARTS TOWARD	RESIDENT 18	AT TIME 1.86
STAFF MEMBER	3	ARRIVES TO AID	RESIDENT 17	AT TIME 1.88
STAFF MEMBER	1	STARTS TOWARD	RESIDENT 19	AT TIME 1.91
STAFF MEMBER	4	ARRIVES TO AID	RESIDENT 16	AT TIME 1.92
STAFF MEMBER	1	ARRIVES TO AID	RESIDENT 19	AT TIME 2.09
STAFF MEMBER	2	ARRIVES TO AID	RESIDENT 18	AT TIME 2.32
STAFF MEMBER	3	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 17	AT TIME 2.42
STAFF MEMBER	1	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 19	AT TIME 2.63
STAFF MEMBER	4	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 16	AT TIME 2.66
STAFF MEMBER	2	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 18	AT TIME 2.86
STAFF MEMBER	3	STARTS TOWARD	RESIDENT 20	AT TIME 2.92
STAFF MEMBER	3	ARRIVES TO AID	RESIDENT 20	AT TIME 3.10
STAFF MEMBER	1	STARTS TOWARD	RESIDENT 12	AT TIME 3.13
STAFF MEMBER	4	STARTS TOWARD	RESIDENT 30	AT TIME 3.16
STAFF MEMBER	2	STARTS TOWARD	RESIDENT 11	AT TIME 3.36
STAFF MEMBER	1	ARRIVES TO AID	RESIDENT 12	AT TIME 3.43
STAFF MEMBER	4	ARRIVES TO AID	RESIDENT 30	AT TIME 3.61
STAFF MEMBER	3	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 20	AT TIME 3.64
STAFF MEMBER	2	ARRIVES TO AID	RESIDENT 11	AT TIME 3.72
STAFF MEMBER	3	STARTS TOWARD	RESIDENT 29	AT TIME 4.14
STAFF MEMBER	1	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 12	AT TIME 4.24
STAFF MEMBER	4	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 30	AT TIME 4.46
STAFF MEMBER	3	ARRIVES TO AID	RESIDENT 29	AT TIME 4.64
STAFF MEMBER	2	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 11	AT TIME 4.68
STAFF MEMBER	1	STARTS TOWARD	RESIDENT 28	AT TIME 4.74
STAFF MEMBER	4	STARTS TOWARD	RESIDENT 9	AT TIME 4.96
STAFF MEMBER	2	STARTS TOWARD	RESIDENT 26	AT TIME 5.18
STAFF MEMBER	1	ARRIVES TO AID	RESIDENT 28	AT TIME 5.45
STAFF MEMBER	4	ARRIVES TO AID	RESIDENT 9	AT TIME 5.56
STAFF MEMBER	3	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 29	AT TIME 5.60
STAFF MEMBER	2	ARRIVES TO AID	RESIDENT 26	AT TIME 5.89
STAFF MEMBER	3	STARTS TOWARD	RESIDENT 7	AT TIME 6.10
STAFF MEMBER	3	ARRIVES TO AID	RESIDENT 7	AT TIME 6.80
STAFF MEMBER	4	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 9	AT TIME 6.81
STAFF MEMBER	1	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 28	AT TIME 6.90

STAFF MEMBER	4	STARTS TOWARD	RESIDENT 25	AT TIME	7.31
STAFF MEMBER	2	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 26	AT TIME	7.34
STAFF MEMBER	1	STARTS TOWARD	RESIDENT 24	AT TIME	7.40
STAFF MEMBER	2	STARTS TOWARD	RESIDENT 5	AT TIME	7.84
STAFF MEMBER	4	ARRIVES TO AID	RESIDENT 25	AT TIME	8.03
STAFF MEMBER	1	ARRIVES TO AID	RESIDENT 24	AT TIME	8.05
STAFF MEMBER	3	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 7	AT TIME	8.24
STAFF MEMBER	2	ARRIVES TO AID	RESIDENT 5	AT TIME	8.53
STAFF MEMBER	3	STARTS TOWARD	RESIDENT 23	AT TIME	8.74
STAFF MEMBER	4	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 25	AT TIME	9.47
STAFF MEMBER	3	ARRIVES TO AID	RESIDENT 23	AT TIME	9.50
STAFF MEMBER	1	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 24	AT TIME	9.65
STAFF MEMBER	4	STARTS TOWARD	RESIDENT 22	AT TIME	9.97
STAFF MEMBER	2	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 5	AT TIME	9.97
STAFF MEMBER	1	STARTS TOWARD	RESIDENT 3	AT TIME	10.15
STAFF MEMBER	2	STARTS TOWARD	RESIDENT 21	AT TIME	10.47
STAFF MEMBER	4	ARRIVES TO AID	RESIDENT 22	AT TIME	10.62
STAFF MEMBER	1	ARRIVES TO AID	RESIDENT 3	AT TIME	10.91
STAFF MEMBER	3	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 23	AT TIME	11.10
STAFF MEMBER	2	ARRIVES TO AID	RESIDENT 21	AT TIME	11.24
STAFF MEMBER	3	STARTS TOWARD	RESIDENT 2	AT TIME	11.60
STAFF MEMBER	4	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 22	AT TIME	12.22
STAFF MEMBER	3	ARRIVES TO AID	RESIDENT 2	AT TIME	12.37
STAFF MEMBER	1	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 3	AT TIME	12.52
STAFF MEMBER	4	STARTS TOWARD	RESIDENT 1	AT TIME	12.72
STAFF MEMBER	2	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 21	AT TIME	12.84
STAFF MEMBER	4	ARRIVES TO AID	RESIDENT 1	AT TIME	13.48
STAFF MEMBER	3	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 2	AT TIME	13.98
STAFF MEMBER	4	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 1	AT TIME	15.09
STAFF MEMBER	2	IS PERMANENTLY OUTSIDE		AT TIME	15.10
STAFF MEMBER	3	IS PERMANENTLY OUTSIDE		AT TIME	15.11
STAFF MEMBER	1	IS PERMANENTLY OUTSIDE		AT TIME	15.12
STAFF MEMBER	4	IS PERMANENTLY OUTSIDE		AT TIME	15.59

## Patientrum – primär utrymningsväg

STAFF MEMBER	1	STARTS TOWARD	RESIDENT 17	AT TIME	.17
STAFF MEMBER	2	STARTS TOWARD	RESIDENT 18	AT TIME	.17
STAFF MEMBER	3	STARTS TOWARD	RESIDENT 19	AT TIME	.17
STAFF MEMBER	4	STARTS TOWARD	RESIDENT 20	AT TIME	.17
STAFF MEMBER	4	ARRIVES TO AID	RESIDENT 20	AT TIME	.40
		EGRESS ENDED FOR	RESIDENT 34	AT TIME	.42
		EGRESS ENDED FOR	RESIDENT 33	AT TIME	.52
		EGRESS ENDED FOR	RESIDENT 15	AT TIME	.54
STAFF MEMBER	3	ARRIVES TO AID	RESIDENT 19	AT TIME	.56
STAFF MEMBER	2	ARRIVES TO AID	RESIDENT 18	AT TIME	.59

STAFF MEMBER 1 ARRIVES TO AID RESIDENT 17 AT TIME .77  
     EGRESS ENDED FOR RESIDENT 10 AT TIME .86  
 STAFF MEMBER 4 FINALLY EVACUATES RESIDENT 20 AT TIME .95  
     EGRESS ENDED FOR RESIDENT 8 AT TIME .98  
     EGRESS ENDED FOR RESIDENT 6 AT TIME .99  
     EGRESS ENDED FOR RESIDENT 27 AT TIME .99  
     EGRESS ENDED FOR RESIDENT 4 AT TIME 1.09  
 STAFF MEMBER 3 FINALLY EVACUATES RESIDENT 19 AT TIME 1.11  
 STAFF MEMBER 2 FINALLY EVACUATES RESIDENT 18 AT TIME 1.14  
 STAFF MEMBER 1 FINALLY EVACUATES RESIDENT 17 AT TIME 1.31  
 STAFF MEMBER 4 STARTS TOWARD RESIDENT 14 AT TIME 1.45  
 STAFF MEMBER 3 STARTS TOWARD RESIDENT 13 AT TIME 1.61  
 STAFF MEMBER 2 STARTS TOWARD RESIDENT 12 AT TIME 1.64  
 STAFF MEMBER 4 ARRIVES TO AID RESIDENT 14 AT TIME 1.70  
 STAFF MEMBER 1 STARTS TOWARD RESIDENT 11 AT TIME 1.81  
 STAFF MEMBER 3 ARRIVES TO AID RESIDENT 13 AT TIME 1.86  
 STAFF MEMBER 2 ARRIVES TO AID RESIDENT 12 AT TIME 1.93  
 STAFF MEMBER 1 ARRIVES TO AID RESIDENT 11 AT TIME 2.17  
 STAFF MEMBER 4 FINALLY EVACUATES RESIDENT 14 AT TIME 2.43  
 STAFF MEMBER 3 FINALLY EVACUATES RESIDENT 13 AT TIME 2.59  
 STAFF MEMBER 2 FINALLY EVACUATES RESIDENT 12 AT TIME 2.75  
 STAFF MEMBER 4 STARTS TOWARD RESIDENT 9 AT TIME 2.93  
 STAFF MEMBER 3 STARTS TOWARD RESIDENT 7 AT TIME 3.09  
 STAFF MEMBER 1 FINALLY EVACUATES RESIDENT 11 AT TIME 3.13  
 STAFF MEMBER 2 STARTS TOWARD RESIDENT 3 AT TIME 3.25  
 STAFF MEMBER 4 ARRIVES TO AID RESIDENT 9 AT TIME 3.42  
 STAFF MEMBER 1 STARTS TOWARD RESIDENT 2 AT TIME 3.63  
 STAFF MEMBER 3 ARRIVES TO AID RESIDENT 7 AT TIME 3.66  
 STAFF MEMBER 2 ARRIVES TO AID RESIDENT 3 AT TIME 3.90  
 STAFF MEMBER 1 ARRIVES TO AID RESIDENT 2 AT TIME 4.28  
 STAFF MEMBER 4 FINALLY EVACUATES RESIDENT 9 AT TIME 4.67  
 STAFF MEMBER 3 FINALLY EVACUATES RESIDENT 7 AT TIME 5.10  
 STAFF MEMBER 4 STARTS TOWARD RESIDENT 1 AT TIME 5.17  
 STAFF MEMBER 2 FINALLY EVACUATES RESIDENT 3 AT TIME 5.51  
 STAFF MEMBER 3 STARTS TOWARD RESIDENT 16 AT TIME 5.60  
 STAFF MEMBER 4 ARRIVES TO AID RESIDENT 1 AT TIME 5.82  
 STAFF MEMBER 3 ARRIVES TO AID RESIDENT 16 AT TIME 5.86  
 STAFF MEMBER 1 FINALLY EVACUATES RESIDENT 2 AT TIME 5.89  
 STAFF MEMBER 2 STARTS TOWARD RESIDENT 32 AT TIME 6.01  
 STAFF MEMBER 1 STARTS TOWARD RESIDENT 31 AT TIME 6.39  
 STAFF MEMBER 2 ARRIVES TO AID RESIDENT 32 AT TIME 6.39  
 STAFF MEMBER 3 FINALLY EVACUATES RESIDENT 16 AT TIME 6.60  
 STAFF MEMBER 1 ARRIVES TO AID RESIDENT 31 AT TIME 6.78  
 STAFF MEMBER 3 STARTS TOWARD RESIDENT 30 AT TIME 7.10  
 STAFF MEMBER 2 FINALLY EVACUATES RESIDENT 32 AT TIME 7.11

STAFF MEMBER	4	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 1	AT TIME	7.43
STAFF MEMBER	1	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 31	AT TIME	7.49
STAFF MEMBER	3	ARRIVES TO AID	RESIDENT 30	AT TIME	7.55
STAFF MEMBER	2	STARTS TOWARD	RESIDENT 29	AT TIME	7.61
STAFF MEMBER	4	STARTS TOWARD	RESIDENT 28	AT TIME	7.93
STAFF MEMBER	2	ARRIVES TO AID	RESIDENT 29	AT TIME	7.97
STAFF MEMBER	1	STARTS TOWARD	RESIDENT 26	AT TIME	7.99
STAFF MEMBER	3	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 30	AT TIME	8.39
STAFF MEMBER	1	ARRIVES TO AID	RESIDENT 26	AT TIME	8.57
STAFF MEMBER	4	ARRIVES TO AID	RESIDENT 28	AT TIME	8.64
STAFF MEMBER	3	STARTS TOWARD	RESIDENT 25	AT TIME	8.89
STAFF MEMBER	2	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 29	AT TIME	8.94
STAFF MEMBER	2	STARTS TOWARD	RESIDENT 24	AT TIME	9.44
STAFF MEMBER	3	ARRIVES TO AID	RESIDENT 25	AT TIME	9.47
STAFF MEMBER	1	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 26	AT TIME	10.02
STAFF MEMBER	2	ARRIVES TO AID	RESIDENT 24	AT TIME	10.08
STAFF MEMBER	4	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 28	AT TIME	10.09
STAFF MEMBER	1	STARTS TOWARD	RESIDENT 23	AT TIME	10.52
STAFF MEMBER	4	STARTS TOWARD	RESIDENT 22	AT TIME	10.59
STAFF MEMBER	3	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 25	AT TIME	10.92
STAFF MEMBER	1	ARRIVES TO AID	RESIDENT 23	AT TIME	11.16
STAFF MEMBER	4	ARRIVES TO AID	RESIDENT 22	AT TIME	11.23
STAFF MEMBER	3	STARTS TOWARD	RESIDENT 21	AT TIME	11.42
STAFF MEMBER	2	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 24	AT TIME	11.68
STAFF MEMBER	3	ARRIVES TO AID	RESIDENT 21	AT TIME	12.06
STAFF MEMBER	2	STARTS TOWARD	RESIDENT 5	AT TIME	12.18
STAFF MEMBER	1	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 23	AT TIME	12.76
STAFF MEMBER	4	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 22	AT TIME	12.83
STAFF MEMBER	2	ARRIVES TO AID	RESIDENT 5	AT TIME	12.88
STAFF MEMBER	3	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 21	AT TIME	13.66
STAFF MEMBER	2	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 5	AT TIME	14.32
STAFF MEMBER	1	IS PERMANENTLY OUTSIDE		AT TIME	14.33
STAFF MEMBER	3	IS PERMANENTLY OUTSIDE		AT TIME	14.33
STAFF MEMBER	4	IS PERMANENTLY OUTSIDE		AT TIME	14.33
STAFF MEMBER	2	IS PERMANENTLY OUTSIDE		AT TIME	14.82

## Utrymning till trapphuset

STAFF MEMBER	1	STARTS TOWARD	RESIDENT 13	AT TIME	.17
STAFF MEMBER	2	STARTS TOWARD	RESIDENT 13	AT TIME	.17
STAFF MEMBER	3	STARTS TOWARD	RESIDENT 31	AT TIME	.17
STAFF MEMBER	4	STARTS TOWARD	RESIDENT 31	AT TIME	.17
STAFF MEMBER	4	ARRIVES TO AID	RESIDENT 31	AT TIME	.33
STAFF MEMBER	3	ARRIVES TO AID	RESIDENT 31	AT TIME	.35
		EGRESS ENDED FOR	RESIDENT 4	AT TIME	.47
STAFF MEMBER	2	ARRIVES TO AID	RESIDENT 13	AT TIME	.51

STAFF MEMBER	4	STARTS TOWARD	RESIDENT 14	AT TIME	.52
		EGRESS ENDED FOR	RESIDENT 8	AT TIME	.57
		EGRESS ENDED FOR	RESIDENT 27	AT TIME	.58
		EGRESS ENDED FOR	RESIDENT 6	AT TIME	.58
STAFF MEMBER	1	ARRIVES TO AID	RESIDENT 13	AT TIME	.68
		EGRESS ENDED FOR	RESIDENT 10	AT TIME	.68
STAFF MEMBER	4	ARRIVES TO AID	RESIDENT 14	AT TIME	.83
STAFF MEMBER	2	STARTS TOWARD	RESIDENT 14	AT TIME	.85
STAFF MEMBER	2	ARRIVES TO AID	RESIDENT 14	AT TIME	.85
STAFF MEMBER	4	STARTS TOWARD	RESIDENT 32	AT TIME	1.02
		EGRESS ENDED FOR	RESIDENT 15	AT TIME	1.03
		EGRESS ENDED FOR	RESIDENT 33	AT TIME	1.04
		EGRESS ENDED FOR	RESIDENT 34	AT TIME	1.16
STAFF MEMBER	4	ARRIVES TO AID	RESIDENT 32	AT TIME	1.33
STAFF MEMBER	3	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 31	AT TIME	1.77
STAFF MEMBER	1	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 13	AT TIME	2.08
STAFF MEMBER	2	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 14	AT TIME	2.25
STAFF MEMBER	3	STARTS TOWARD	RESIDENT 32	AT TIME	2.27
STAFF MEMBER	1	STARTS TOWARD	RESIDENT 16	AT TIME	2.58
STAFF MEMBER	2	STARTS TOWARD	RESIDENT 16	AT TIME	2.75
STAFF MEMBER	3	ARRIVES TO AID	RESIDENT 32	AT TIME	2.88
STAFF MEMBER	4	STARTS TOWARD	RESIDENT 17	AT TIME	3.05
STAFF MEMBER	1	ARRIVES TO AID	RESIDENT 16	AT TIME	3.19
STAFF MEMBER	2	ARRIVES TO AID	RESIDENT 16	AT TIME	3.35
STAFF MEMBER	4	ARRIVES TO AID	RESIDENT 17	AT TIME	3.44
STAFF MEMBER	1	STARTS TOWARD	RESIDENT 17	AT TIME	3.52
STAFF MEMBER	1	ARRIVES TO AID	RESIDENT 17	AT TIME	3.79
STAFF MEMBER	4	STARTS TOWARD	RESIDENT 18	AT TIME	3.96
STAFF MEMBER	4	ARRIVES TO AID	RESIDENT 18	AT TIME	3.96
STAFF MEMBER	3	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 32	AT TIME	4.30
STAFF MEMBER	2	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 16	AT TIME	4.76
STAFF MEMBER	3	STARTS TOWARD	RESIDENT 18	AT TIME	4.80
STAFF MEMBER	2	STARTS TOWARD	RESIDENT 19	AT TIME	5.26
STAFF MEMBER	1	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 17	AT TIME	5.36
STAFF MEMBER	3	ARRIVES TO AID	RESIDENT 18	AT TIME	5.49
STAFF MEMBER	4	STARTS TOWARD	RESIDENT 19	AT TIME	5.66
STAFF MEMBER	4	ARRIVES TO AID	RESIDENT 19	AT TIME	5.66
STAFF MEMBER	1	STARTS TOWARD	RESIDENT 20	AT TIME	5.86
STAFF MEMBER	2	ARRIVES TO AID	RESIDENT 19	AT TIME	5.95
STAFF MEMBER	4	STARTS TOWARD	RESIDENT 20	AT TIME	6.12
STAFF MEMBER	4	ARRIVES TO AID	RESIDENT 20	AT TIME	6.12
STAFF MEMBER	1	ARRIVES TO AID	RESIDENT 20	AT TIME	6.55
STAFF MEMBER	4	STARTS TOWARD	RESIDENT 12	AT TIME	6.71
STAFF MEMBER	4	ARRIVES TO AID	RESIDENT 12	AT TIME	7.02
STAFF MEMBER	3	FINALLY EVACUATES	RESIDENT 18	AT TIME	7.06

STAFF MEMBER 2 FINALLY EVACUATES RESIDENT 19 AT TIME 7.52  
 STAFF MEMBER 3 STARTS TOWARD RESIDENT 12 AT TIME 7.56  
 STAFF MEMBER 2 STARTS TOWARD RESIDENT 30 AT TIME 8.02  
 STAFF MEMBER 1 FINALLY EVACUATES RESIDENT 20 AT TIME 8.12  
 STAFF MEMBER 3 ARRIVES TO AID RESIDENT 12 AT TIME 8.13  
 STAFF MEMBER 4 STARTS TOWARD RESIDENT 30 AT TIME 8.29  
 STAFF MEMBER 2 ARRIVES TO AID RESIDENT 30 AT TIME 8.58  
 STAFF MEMBER 1 STARTS TOWARD RESIDENT 11 AT TIME 8.62  
 STAFF MEMBER 4 ARRIVES TO AID RESIDENT 30 AT TIME 8.70  
 STAFF MEMBER 2 STARTS TOWARD RESIDENT 11 AT TIME 8.87  
 STAFF MEMBER 1 ARRIVES TO AID RESIDENT 11 AT TIME 9.12  
 STAFF MEMBER 2 ARRIVES TO AID RESIDENT 11 AT TIME 9.34  
 STAFF MEMBER 3 FINALLY EVACUATES RESIDENT 12 AT TIME 9.45  
 STAFF MEMBER 1 STARTS TOWARD RESIDENT 29 AT TIME 9.51  
 STAFF MEMBER 3 STARTS TOWARD RESIDENT 29 AT TIME 9.95  
 STAFF MEMBER 4 FINALLY EVACUATES RESIDENT 30 AT TIME 10.01  
 STAFF MEMBER 1 ARRIVES TO AID RESIDENT 29 AT TIME 10.02  
 STAFF MEMBER 3 ARRIVES TO AID RESIDENT 29 AT TIME 10.46  
 STAFF MEMBER 4 STARTS TOWARD RESIDENT 28 AT TIME 10.51  
 STAFF MEMBER 2 FINALLY EVACUATES RESIDENT 11 AT TIME 10.53  
 STAFF MEMBER 1 STARTS TOWARD RESIDENT 28 AT TIME 10.63  
 STAFF MEMBER 4 ARRIVES TO AID RESIDENT 28 AT TIME 10.79  
 STAFF MEMBER 2 STARTS TOWARD RESIDENT 9 AT TIME 11.03  
 STAFF MEMBER 1 ARRIVES TO AID RESIDENT 28 AT TIME 11.03  
 STAFF MEMBER 4 STARTS TOWARD RESIDENT 9 AT TIME 11.20  
 STAFF MEMBER 2 ARRIVES TO AID RESIDENT 9 AT TIME 11.39  
 STAFF MEMBER 4 ARRIVES TO AID RESIDENT 9 AT TIME 11.59  
 STAFF MEMBER 3 FINALLY EVACUATES RESIDENT 29 AT TIME 11.66  
 STAFF MEMBER 2 STARTS TOWARD RESIDENT 26 AT TIME 11.76  
 STAFF MEMBER 1 FINALLY EVACUATES RESIDENT 28 AT TIME 11.78  
 STAFF MEMBER 3 STARTS TOWARD RESIDENT 26 AT TIME 12.16  
 STAFF MEMBER 2 ARRIVES TO AID RESIDENT 26 AT TIME 12.16  
 STAFF MEMBER 1 STARTS TOWARD RESIDENT 7 AT TIME 12.28  
 STAFF MEMBER 3 ARRIVES TO AID RESIDENT 26 AT TIME 12.44  
 STAFF MEMBER 4 FINALLY EVACUATES RESIDENT 9 AT TIME 12.50  
 STAFF MEMBER 1 ARRIVES TO AID RESIDENT 7 AT TIME 12.56  
 STAFF MEMBER 2 STARTS TOWARD RESIDENT 7 AT TIME 12.61  
 STAFF MEMBER 4 STARTS TOWARD RESIDENT 25 AT TIME 13.00  
 STAFF MEMBER 2 ARRIVES TO AID RESIDENT 7 AT TIME 13.05  
 STAFF MEMBER 3 FINALLY EVACUATES RESIDENT 26 AT TIME 13.19  
 STAFF MEMBER 1 STARTS TOWARD RESIDENT 25 AT TIME 13.22  
 STAFF MEMBER 4 ARRIVES TO AID RESIDENT 25 AT TIME 13.29  
 STAFF MEMBER 1 ARRIVES TO AID RESIDENT 25 AT TIME 13.66  
 STAFF MEMBER 3 STARTS TOWARD RESIDENT 24 AT TIME 13.69  
 STAFF MEMBER 2 FINALLY EVACUATES RESIDENT 7 AT TIME 13.80



STAFF MEMBER 4 STARTS TOWARD RESIDENT 24 AT TIME 13.83  
 STAFF MEMBER 3 ARRIVES TO AID RESIDENT 24 AT TIME 13.91  
 STAFF MEMBER 4 ARRIVES TO AID RESIDENT 24 AT TIME 14.08  
 STAFF MEMBER 3 STARTS TOWARD RESIDENT 5 AT TIME 14.25  
 STAFF MEMBER 2 STARTS TOWARD RESIDENT 5 AT TIME 14.30  
 STAFF MEMBER 1 FINALLY EVACUATES RESIDENT 25 AT TIME 14.41  
 STAFF MEMBER 2 ARRIVES TO AID RESIDENT 5 AT TIME 14.59  
 STAFF MEMBER 3 ARRIVES TO AID RESIDENT 5 AT TIME 14.62  
 STAFF MEMBER 4 FINALLY EVACUATES RESIDENT 24 AT TIME 14.69  
 STAFF MEMBER 2 STARTS TOWARD RESIDENT 23 AT TIME 14.79  
 STAFF MEMBER 1 STARTS TOWARD RESIDENT 23 AT TIME 14.91  
 STAFF MEMBER 1 ARRIVES TO AID RESIDENT 23 AT TIME 15.13  
 STAFF MEMBER 2 ARRIVES TO AID RESIDENT 23 AT TIME 15.16  
 STAFF MEMBER 4 STARTS TOWARD RESIDENT 22 AT TIME 15.19  
 STAFF MEMBER 1 STARTS TOWARD RESIDENT 22 AT TIME 15.33  
 STAFF MEMBER 1 ARRIVES TO AID RESIDENT 22 AT TIME 15.33  
 STAFF MEMBER 3 FINALLY EVACUATES RESIDENT 5 AT TIME 15.37  
 STAFF MEMBER 4 ARRIVES TO AID RESIDENT 22 AT TIME 15.40  
 STAFF MEMBER 1 STARTS TOWARD RESIDENT 3 AT TIME 15.57  
 STAFF MEMBER 2 FINALLY EVACUATES RESIDENT 23 AT TIME 15.77  
 STAFF MEMBER 1 ARRIVES TO AID RESIDENT 3 AT TIME 15.87  
 STAFF MEMBER 3 STARTS TOWARD RESIDENT 3 AT TIME 15.87  
 STAFF MEMBER 4 FINALLY EVACUATES RESIDENT 22 AT TIME 16.01  
 STAFF MEMBER 3 ARRIVES TO AID RESIDENT 3 AT TIME 16.09  
 STAFF MEMBER 1 STARTS TOWARD RESIDENT 21 AT TIME 16.26  
 STAFF MEMBER 2 STARTS TOWARD RESIDENT 21 AT TIME 16.27  
 STAFF MEMBER 2 ARRIVES TO AID RESIDENT 21 AT TIME 16.48  
 STAFF MEMBER 4 STARTS TOWARD RESIDENT 2 AT TIME 16.51  
 STAFF MEMBER 1 ARRIVES TO AID RESIDENT 21 AT TIME 16.56  
 STAFF MEMBER 3 FINALLY EVACUATES RESIDENT 3 AT TIME 16.70  
 STAFF MEMBER 2 STARTS TOWARD RESIDENT 2 AT TIME 16.72  
 STAFF MEMBER 4 ARRIVES TO AID RESIDENT 2 AT TIME 16.73  
 STAFF MEMBER 2 ARRIVES TO AID RESIDENT 2 AT TIME 17.03  
 STAFF MEMBER 1 FINALLY EVACUATES RESIDENT 21 AT TIME 17.16  
 STAFF MEMBER 4 STARTS TOWARD RESIDENT 1 AT TIME 17.19  
 STAFF MEMBER 4 ARRIVES TO AID RESIDENT 1 AT TIME 17.19  
 STAFF MEMBER 3 STARTS TOWARD RESIDENT 1 AT TIME 17.20  
 STAFF MEMBER 3 ARRIVES TO AID RESIDENT 1 AT TIME 17.41  
 STAFF MEMBER 2 FINALLY EVACUATES RESIDENT 2 AT TIME 17.63  
 STAFF MEMBER 3 FINALLY EVACUATES RESIDENT 1 AT TIME 18.02  
 STAFF MEMBER 1 IS PERMANENTLY OUTSIDE AT TIME 18.03  
 STAFF MEMBER 4 FINALLY HEADS TOWARD SAFETY AT TIME 18.05  
 STAFF MEMBER 2 IS PERMANENTLY OUTSIDE AT TIME 18.13  
 STAFF MEMBER 4 IS PERMANENTLY OUTSIDE AT TIME 18.26  
 STAFF MEMBER 3 IS PERMANENTLY OUTSIDE AT TIME 18.52

