



**LUNDS  
UNIVERSITET**  
Lunds Tekniska Högskola

# Brandteknisk riskvärdering av Frejaskolan i Gnesta



Johannes Corbee  
Oscar Alvarsson  
Nerma Hajic  
Sofia Majtorp

Rapport 9472

Juni 2015



**Avdelningen för Brandteknik**

Lunds Tekniska Högskola  
Box 118  
221 00 Lund  
Telefon: 046 222 73 60  
E-post: brand@brand.lth.se

**Department of Fire Safety Engineering**

Lund University  
Box 118  
SE-221 00 Lund  
Telephone +46 046 222 73 60  
E-mail: brand@brand.lth.se

**Titel/Title**

Brandteknisk riskvärdering av Frejaskolan i Gnesta  
Fire safety evaluation of Frejaskolan in Gnesta

**Rapportnummer/Report number**

9472 © Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, 2015

**Av/By**

Oscar Alvarsson  
Johannes Corbee  
Nerma Hajic  
Sofia Majtorp

Brandingenjörsprogrammet, Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, 2015  
Fire Safety Engineering Program, Lund Institute of Technology, 2015

**Antal sidor/ Number of pages**

186 (inkl. bilagor/incl. appendices)

**Språk/Language**

Svenska/Swedish

**Omslagsfoto/Cover photo**

Sofia Majtorp

**Abstract**

This report is an evaluation of the fire safety at Frejaskolan in Gnesta, Sweden. The report was preceded by a field trip to the school and the fire safety at the school was studied.

A number of fire scenarios have been treated, and three were chosen for further analysis. To be able to make any judgements about the fire safety, estimation has been done by comparing the time needed for safe evacuation with the time to critical conditions in the building. This was made by hand calculations and by using software called FDS.

The main conclusion is that none of the three cases can ensure safe evacuation of the occupants in the building, hence a list of measures to be undertaken to minimize the fire risk are given. To improve evacuation safety in the event of fire, evacuation through windows is a possible solution. Any fire equipment such as automatic door closers and evacuation signs should be serviced regularly.

**Keywords**

Fire safety evaluation, Pathfinder, FDS, Frejaskolan, Gnesta, human safety, critical conditions, sensitivity analysis, evacuation, BBR21.

## Sammanfattning

Denna rapport analyserar brandskyddet och möjligheten till säker utrymning vid Frejaskolan i Gnesta. Analysens fokus ligger på personsäkerheten vid händelse av brand. Rapporten är en del i kursen Brandteknisk riskvärdering som ges på brandingenjörsprogrammet vid Lunds Tekniska Högskola.

Arbetet inleddes med ett studiebesök där de aktuella lokalerna studerades och information om det befintliga brandskyddet och systematiska brandskyddsarbetet samlades in. Utifrån denna information togs elva trolig brandscenarier fram och av dessa valdes tre ut för vidare analys genom en kvalitativ bedömning av deras sannolikhet och konsekvens. Dessa tre är ”Brand i förråd vid träslöjdsal”, ”Brand på toalett” samt ”Brand i kapprum”.

Personsäkerheten bedöms utifrån varseblivning-, förberedelse- samt förflyttningstiden för varje scenario. Dessa har sedan jämförts med tiden till kritiska förhållanden för bland annat sikt och höjd på brandgaslagret. Varseblivning- och förberedelsetiden är hämtade från tidigare studier på området, medan förflyttningstiden är framtagen med hjälp av utrymningssimuleringar i datorprogrammet Pathfinder samt handberäkningar. Tiden till kritiska förhållanden är framtagen i datorprogrammet FDS.

I samtliga scenarier kommer personer inte att hinna utrymma innan kritiska förhållanden uppnås. Vid scenariot ”Brand på toalett” är tidsmarginalen dock sådan att personer bedöms kunna utrymma utan större svårigheter.

En rad åtgärdsförslag som *ska* eller *bör* genomföras har tagits fram för att en tillfredsställande brandsäkerhet ska uppnås. Nedan presenteras några av de viktigaste åtgärderna.

- I klassrum med endast en utrymningsväg *ska* utrymningsfönster installeras. Även befintliga utrymningsfönster *ska* ses över för att säkerhetsställa funktionsdugligheten hos dessa.
- En dörr till innergården *ska* installeras för att säkerhetsställa att personer som utrymmer ut till denna kan utrymma vidare till annan brandcell.
- Underhåll av brandteknisk utrustning *ska* genomföras. Dörrstängare till brandcells dörrar *ska* vara funktionsdugliga och släckutrustning får ej blockeras.
- Branddörr med tillhörande dörrstängare *bör* installeras till förrådet med spånsugen.
- Träslöjdsarbeten och spån *bör* ej lagras i samma rum som spånsugen.

## Sökord

Brandteknisk riskvärdering, Pathfinder, Frejaskolan, Gnesta, personsäkerhet, kritiska förhållanden, känslighetsanalys, utrymning, fönsterutrymning, BBR21.

## **Ansvarsfriskrivning**

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.

## **Disclaimer**

The following report is developed in teaching. The main purpose has been training in problem solving and methodology. The report's findings and computational results are not quality checked to the extent required for quality assurance. The report must be used with great caution. The usage of results from the report in any context is your own responsibility.

## Förord

Ett stort tack riktas till följande personer som varit med och bidragit till denna rapport:

Håkan Frantzich

Avdelningen för Brandteknik, Lunds  
Tekniska Högskola, Lund

Tomas Bredberg

Sörmlandkustens Räddningstjänst,  
Nyköping

Joakim Karlsson

Frejaskolan, Gnesta

Jonathan Wahlqvist

Avdelningen för Brandteknik, Lunds  
Tekniska Högskola, Lund

Sörmlandskustens Räddningstjänst

Nyköping

# Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>Inledning</b>	<b>2</b>
1.1	Syfte	2
1.2	Mål	2
1.3	Analysmetodik	2
1.4	Avgränsningar	3
<b>2</b>	<b>Objektsbeskrivning</b>	<b>6</b>
2.1	Bakgrund	6
2.2	Byggnad A	7
2.3	Byggnad B	11
2.4	Byggnad C	12
2.5	Byggnad D	16
2.6	Byggnad E	16
2.7	Byggnad F och G	18
<b>3</b>	<b>Regelverk</b>	<b>20</b>
3.1	Lagen om skydd mot olyckor	20
3.2	Plan- och byggförordningen	20
3.3	Verksamhetsklass och byggnadsklass	21
<b>4</b>	<b>Befintligt brandskydd</b>	<b>22</b>
4.1	Passiva system	24
4.2	Aktiva system	26
4.3	Manuella system	28
4.4	Systematiskt brandskyddsarbete	28
4.5	Räddningstjänst	30
4.6	Ventilationssystem	30
<b>5</b>	<b>Brister i befintligt brandskydd</b>	<b>32</b>
5.1	Blockerad utrymningsväg	32
5.2	Blockerad släckutrustning	33
5.3	Automatisk dörrstängning	33
5.4	Otillfredsställande vägledande markeringar	34
5.5	Brandgasventilation	35
<b>6</b>	<b>Brandskyddsanalys</b>	<b>36</b>
6.1	Kritiska förhållanden	36
6.2	Simuleringsprogram	36
6.3	Människors beteende vid brand	37

6.4	Modell för utrymning.....	38
6.5	Scenarier.....	41
6.6	Tidigare incidenter.....	42
6.7	Möjliga brandscenarier - Byggnad A .....	42
6.8	Möjliga brandscenarier - Byggnad C .....	45
6.9	Möjliga brandscenarier - Byggnad E .....	51
6.10	Riskmatris över brandscenarier .....	53
<b>7</b>	<b>Scenario 6 – Brand i förråd vid träslöjdsal .....</b>	<b>54</b>
7.1	Lokalbeskrivning .....	54
7.2	Utrymningsvägar .....	55
7.3	Brännbart material.....	55
7.4	Brandförlopp.....	55
7.5	Effektkurva .....	56
7.6	Simulering av brandförlopp .....	56
7.7	Utrymningsförlopp.....	57
7.8	Sammanställning av resultat .....	60
7.9	Känslighetsanalys .....	61
<b>8</b>	<b>Scenario 7 - Brand på toalett.....</b>	<b>64</b>
8.1	Lokalbeskrivning .....	64
8.2	Utrymningsvägar .....	64
8.3	Brännbart material.....	65
8.4	Brandförlopp.....	65
8.5	Effektkurva .....	65
8.6	Simulering av brandförlopp .....	66
8.7	Utrymningsförlopp.....	67
8.8	Sammanställning av resultat .....	69
8.9	Känslighetsanalys .....	69
<b>9</b>	<b>Scenario 10 - Brand i kapprum .....</b>	<b>72</b>
9.1	Lokalbeskrivning .....	72
9.2	Utrymningsvägar .....	73
9.3	Brännbart material.....	73
9.4	Brandförlopp.....	73
9.5	Effektkurva .....	74
9.6	Simulering av brandförlopp .....	74
9.7	Utrymningsförlopp.....	75



9.8	Sammanställning av resultat .....	78
9.9	Känslighetsanalys .....	80
<b>10</b>	<b>Diskussion.....</b>	<b>84</b>
10.1	Allmän diskussion .....	84
10.2	Brand i förråd vid träslöjdsal .....	84
10.3	Brand på toalett.....	85
10.4	Brand i kapprum.....	85
10.5	Sammanfattande slutsatser .....	87
<b>11</b>	<b>Åtgärdsförslag.....</b>	<b>88</b>
11.1	Allmänna åtgärdsförslag .....	88
11.2	Åtgärdsförslag för brand i förråd vid träslöjdsal.....	89
11.3	Åtgärdsförslag för brand på toalett.....	90
11.4	Åtgärdsförslag för "Brand i kapprum" .....	90
11.5	Sammanfattning av åtgärdsförslag .....	91
<b>12</b>	<b>Referenser .....</b>	<b>92</b>
	<b>BILAGA 1 – BERÄKNING AV EFFEKTKURVA FÖR BRANDSCENARIO "BRAND I FÖRRÅD VID TRÄSLÖJDSAL" .....</b>	<b>1</b>
	<b>BILAGA 2 – BERÄKNING AV EFFEKTKURVA FÖR BRANDSCENARIO "BRAND PÅ TOALETT" .....</b>	<b>3</b>
	<b>BILAGA 3 – BERÄKNING AV EFFEKTKURVA FÖR BRANDSCENARIO "BRAND I KAPPRUM" .....</b>	<b>5</b>
	<b>BILAGA 4– RESULTAT FÖR FDS-SIMULERINGAR .....</b>	<b>7</b>
	<b>BILAGA 5 - SIMULERINGSPROGRAM.....</b>	<b>35</b>
	<b>BILAGA 6 – FDS-SIMULERINGAR.....</b>	<b>37</b>
	<b>BILAGA 7 – BERÄKNING AV FÖRFLYTTNINGSTID .....</b>	<b>43</b>
	<b>BILAGA 8 – BRANDTEKNISKA INSTALLATIONER .....</b>	<b>59</b>
	<b>BILAGA 9 – UPPSAMLINGSPLATSER.....</b>	<b>67</b>
	<b>BILAGA 10 – STATISTIK .....</b>	<b>69</b>
	<b>BILAGA 11 – KVALITETSGRANSKNING AV SIMULERINGAR I FDS.....</b>	<b>71</b>
	<b>BILAGA 12 – INDATAFIL FÖR FDS/BYGGNAD E .....</b>	<b>77</b>



# 1 Inledning

Denna rapport är resultatet av det arbete i kursen brandteknisk riskvärdering som under tredje året ges på brandingenjörsprogrammet vid Lunds Tekniska Högskola. Rapporten behandlar utrymnings säkerheten på Frejaskolan i Gnesta. Skolan består av byggnader omfattande bland annat skolmatsal, lärosalar samt slöjd- och hemkunskapssalar där både elever, och i vissa fall även allmänheten, har möjlighet till att vistas. År 2000 byggdes skolan om för att bättre anpassas till moderna arbetssätt och där arbetslag tilldelas olika delar av skolan. Renoveringen medförde även att ett nytt bibliotek med tillhörande datorsal infördes.

## 1.1 Syfte

Projektet syftar åt att ge studenterna användning av kunskap och regelverk inom området brand för att kunna utvärdera utrymningsmöjligheterna samt säkerheten kring dessa. Det kommer att undersökas om samtliga som vistas i byggnaderna hinner utrymma innan kritiska förhållanden uppnås vid händelse av brand. Visar det sig att det finns eventuella brister i personsäkerheten kommer olika åtgärder för att förbättra dessa att undersökas och presenteras.

## 1.2 Mål

Målet med denna rapport är att identifiera de problem som kan uppstå i samband med utrymning av Frejaskolans lokaler samt att komma med förslag på hur dessa kan förhindras eller förbättras till det säkrare.

## 1.3 Analysmetodik

Arbetsförloppet och den analysmetodik som använts för den brandtekniska riskvärderingen visas i form av en principskiss i Figur 1-1. Dessa kommer även att beskrivas mer ingående nedan.

Inför studiebesöket behandlades Boverkets byggregler i form av övningar och föreläsningar som ett förberedande moment. Objektet besöktes den 12 februari 2015. Under besöket studerades det befintliga brandskyddet, brister i detta, samt vilka möjliga brandscenarier som kan tänkas uppstå. Även ritningar och brandskydds dokument som tilldelades på plats studerades. Utifrån den inhämtade informationen genomfördes en grovanalys där ett flertal troliga brandscenarier diskuterades och rankades efter sannolikhet och konsekvens. Tre av de identifierade scenarierna, vilka ansågs utgöra den största risken för personsäkerheten på skolan, valdes ut för vidare analys.

För valda scenarier togs brandförlopp fram vilka simulerades och undersöktes i datorprogrammen FDS och Pathfinder. Detta för att få fram effekterna av bränderna samt hur dessa påverkar utrymningen för de som befinner sig i byggnaderna. I efterföljande steg behandlades och diskuterades resultaten från simuleringar och känslighetsanalyser.

Avslutningsvis sammanfattades den analys som genomförts av brandskyddet och olika åtgärdsförslag togs fram på hur utrymnings säkerheten kan förbättras. Den teori som följer med arbetsgångens olika steg beskrivs utförligare i avsnitten nedan.



Figur 1-1 Principskiss av arbetsförloppet och dess olika steg. Bild: Nerma Hajic.

## 1.4 Avgränsningar

Rapporten kommer endast att fokusera på personsäkerheten på Frejaskolan och därför tas ingen hänsyn till skador som sker ur ekonomisk eller byggnadsteknisk aspekt. Ingen hänsyn tas heller till eventuell miljöpåverkan. Med detta följer att endast det tidiga brandförloppet är av intresse för rapporten och dess slutsatser. Senare delar av brandförloppet har därmed utelämnats.

Lokalerna som utvärderas tillhör Frejaskolan och ingen angränsande omgivning beaktas då denna inte tillhör det aktuella objektet eller anses påverka utrymningssituationen. Rapporten tar både hänsyn till skolverksamheten samt att vissa av lokalerna används för andra verksamheter efter skoltid. Detta bedöms vara av intresse då personer som befinner sig i skolans lokaler inte kan antas vara bekanta med utrymmena, vilket kan försämra förmågan att utrymma på ett säkert sätt. Fokus kommer att läggas på byggnaderna A, C och E då dessa tillhör de större byggnaderna och därför kan antas inrymma flest personer under dagtid. Ytterligare en avgränsning som görs är att endast brandskyddet på byggnadernas insida undersöks, alltså tas ej hänsyn till utvändigt brand eller vindsbrand.

Byggnader som anses vara mest intressanta ur utrymningsperspektiv är byggnad A, C samt E läggs fokus på dessa. Ingen utvärdering av byggnaderna B, D, F eller G kommer att utföras då majoriteten av skolungdomarna bedöms befinna sig i de större byggnaderna.

Denna rapport kommer endast beröra insidan av byggnaderna och kommer således inte kolla på bränder som startar utanför byggnaderna.

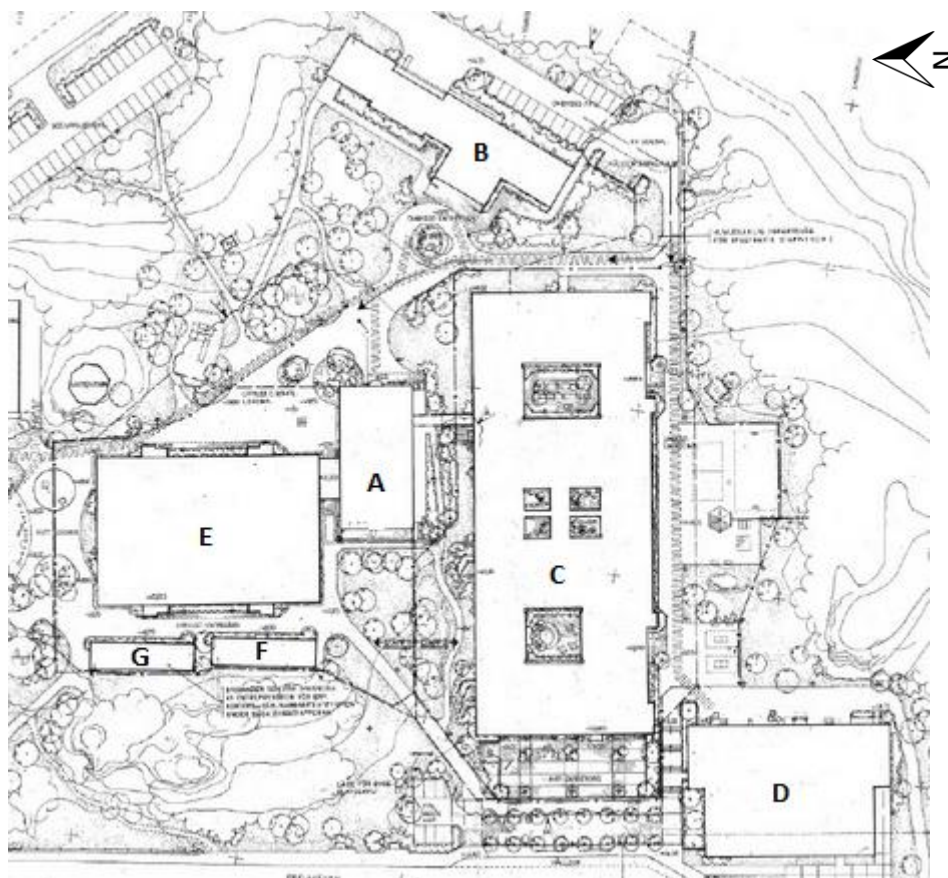


## 2 Objektsbeskrivning

På Frejaskolan i Gnesta bedrivs flera sorters aktiviteter i ett flertal byggnader. Detta kapitel kommer beskriva dessa samt vilka byggnader som kommer att ligga i fokus vid analys av utrymnings säkerheten i denna rapport.

### 2.1 Bakgrund

Frejaskolan är belägen i Gnesta och skolan ger plats åt cirka 660 elever. Av dessa 660 går 250 i årskurserna F-5 och 410 i årskurserna 6-9. Ett 80-tal personer arbetar på skolan, bland annat som lärare och administrativ personal. Under en vanlig undervisningsdag befinner det sig normal 25 elever och en lärare i respektive klassrum befinner sig. I mindre rum så som grupprum och planeringsrum antas cirka fem personer vistas åt gången. Dessa personantal i rum gäller för samtliga klassrum i alla byggnader. Skolan byggdes i början på 1970-talet och den totalrenoverades år 2000. Skolan består av byggnaderna A-G enligt Figur 2-1.



Figur 2-1 Översiktsskiss av Frejaskolan där de olika byggnadernas placering finns utmarkerade.

## 2.2 Byggnad A

Verksamheten som bedrivs i byggnad A är främst administration och kontorsverksamhet för personal. Det bedrivs även skolundervisning i mindre omfattning med något enstaka klassrum.

Byggnad A är belägen mellan byggnad C och byggnad E med passager in till respektive del, se Figur 2-1. Byggnaden består av tre plan samt en vindsvåning.

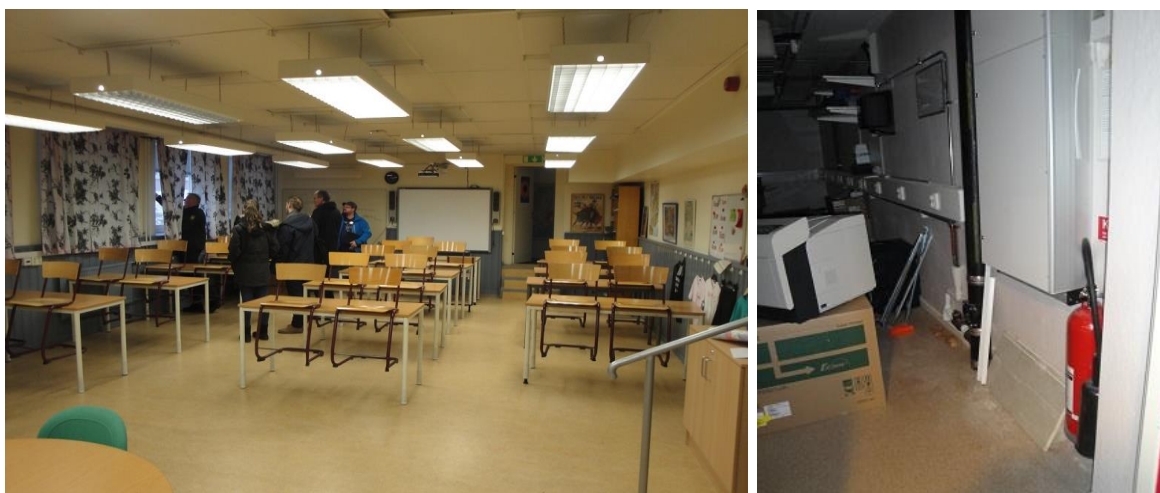
Nedersta plan, källarplanet, innefattar ett klassrum som rymmer ungefär 30 personer samt ett större arkiv som hålls låst, se Figur 2-2 samt Figur 2-4. Klassrummet bedriver vanlig skolundervisning för elever i årskurs 6-9 och det går därför att anta att det under större delar av dagen befinner sig en betydande mängd skolungdomar på detta plan. I klassrummet finns skolan för närvarande ända utrymningsfönster.



Figur 2-2 Till vänster: Arkiv i källarplanet byggnad A. Till höger: Källarplanet i byggnad A. Bild: Sofia Majtorp.

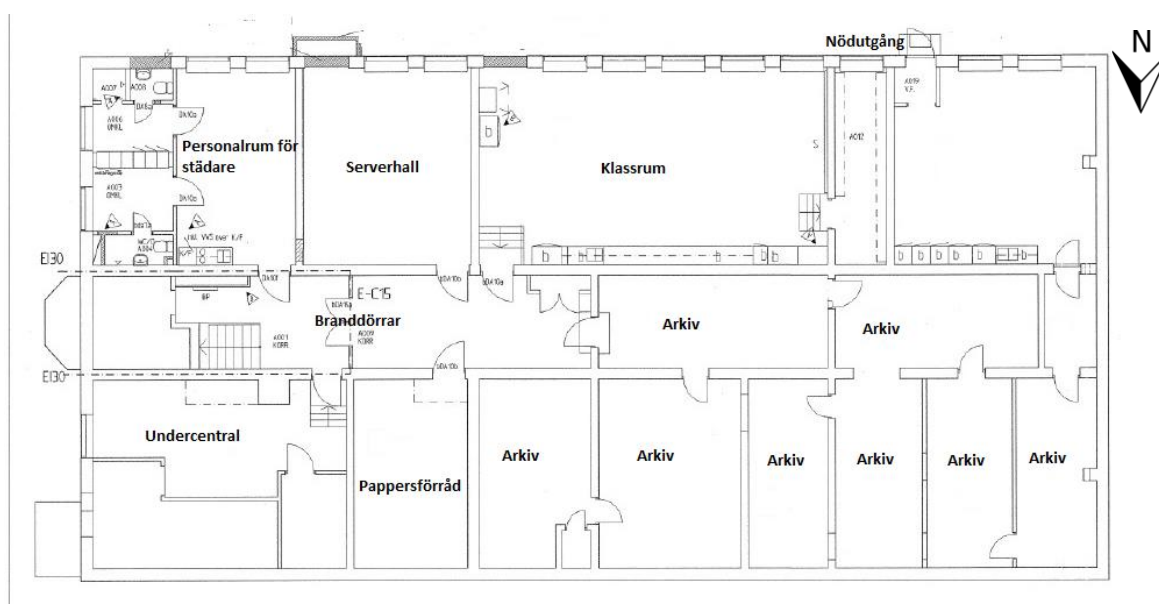
Det till klassrummet angränsande utrymme är ett av kommunens arkiv som endast vaktmästare och arkiverare har tillgång till. Mängden arkiverade dokument anses vara relativt liten och består mestadels av olika typer dokument, exempelvis ritningar. I anslutning till klassrummet finns också ett serverrum samt ett personalrum för städpersonal, se Figur 2-3.



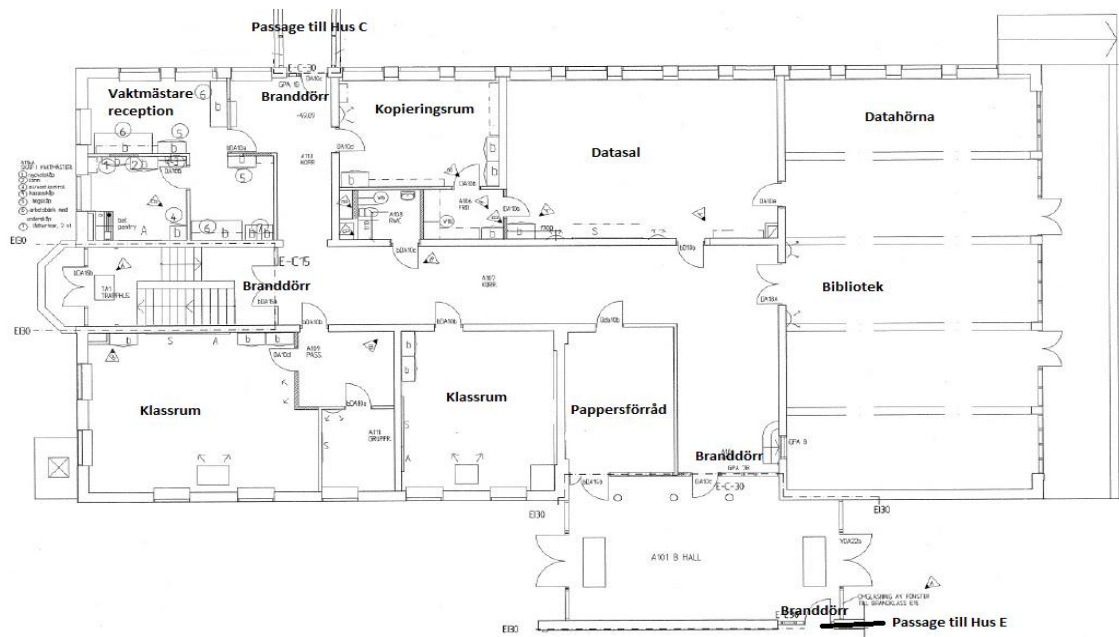


Figur 2-3 Till vänster: Klassrum i källarplan byggnad A. Till höger: Serverrum på källarplanet i byggnad A. Bild: Sofia Majtorp.

För översiktsbild av källarplanet i byggnad A, se Figur 2-4.



Figur 2-4 Källarplan i byggnad A.



Figur 2-5 Plan 1 i byggnad A.

Plan 1, det vill säga entréplan, innefattar utöver ett klassrum även ett bibliotek med datorsalar samt personalrum, kontor och kopieringsrum. Passagen till byggnad C är belägen mellan kopieringsrummet och vaktmästarens kontor. Korridoren går från passagen mellan byggnad A och C genom hela byggnaden för att sedan mynna ut i passagen mellan byggnad A och E. För översiktsbild, se Figur 2-5.

Figur 2-6 nedan visar biblioteket med tillhörande datorhörna, belägen i den högra delen av byggnaden sett från perspektivet givet i översiktsbilden i Figur 2-5.



Figur 2-6 Till vänster: Biblioteket i byggnad A; Till höger: Datorhörna i biblioteket. Bild: Sofia Majtorp.

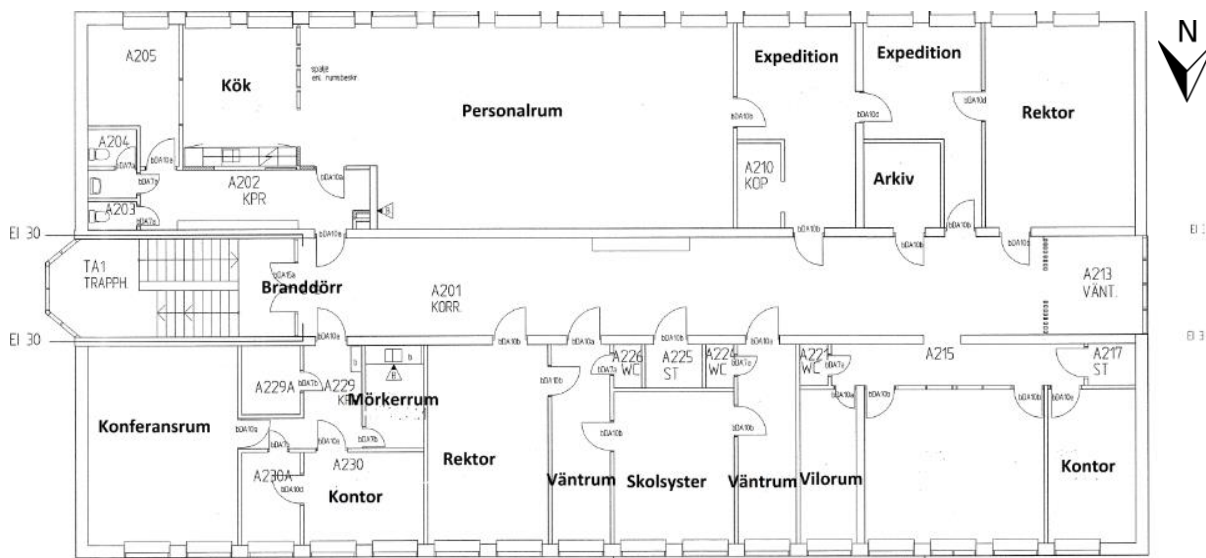
Figur 2-7 visar det kopieringsrum som är beläget i den vänstra delen av byggnaden. Figur 2-7

visar även passagen mellan byggnad A och byggnad E, sett från ingången vid biblioteket.



*Figur 2-7 Till vänster: Korridoren utanför biblioteket i byggnad A; Till höger: Kopiatorrum i byggnad A.  
Bild: Sofia Majtorp.*

Plan 2 omfattar den administrativa verksamheten på skolan. Detta innebär att majoriteten av lokalerna på detta plan används som kontor och av personer med god lokalkännedom. Det finns också ett större personalrum med matrum, innefattande kök med spis och ugn. För översiktsbild, se Figur 2-8.

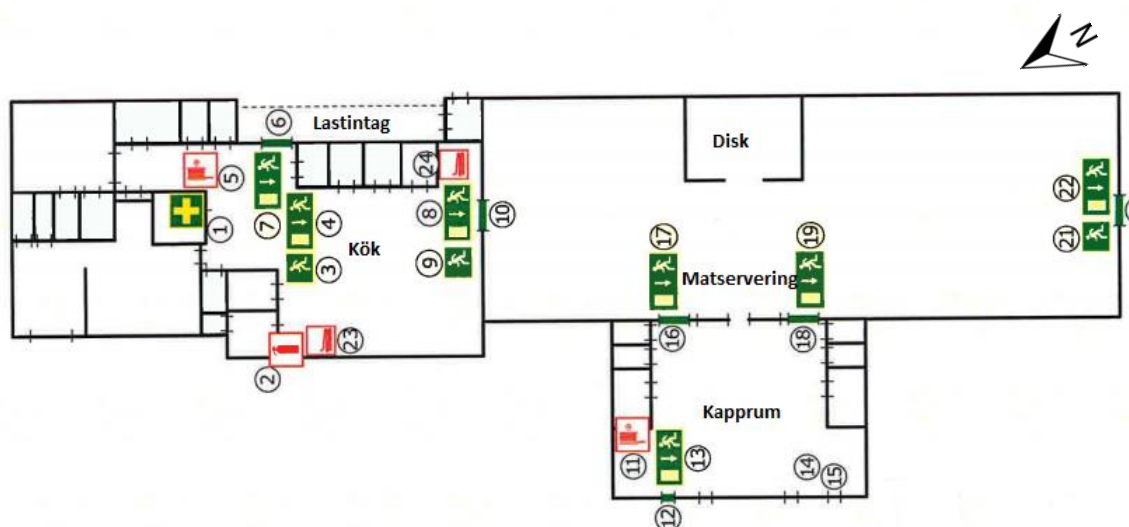


Figur 2-8 Plan 2 i byggnad A.

## 2.3 Byggnad B

I byggnad B lagas och serveras mat. Hela byggnaden är i markplan och visas i Figur 2-9 och Figur 2-10. Maten som tillverkas ska servera eleverna på Frejaskolan samt alla andra skolor i kommunen lunch. För eleverna på Frejaskolan finns även möjligheten att få frukost serverad. Eleverna äter under olika tider och det finns därför alltid ett jämt antal elever i lokalen.

I denna rapport kommer ingen utvärdering av denna byggnad att ske.



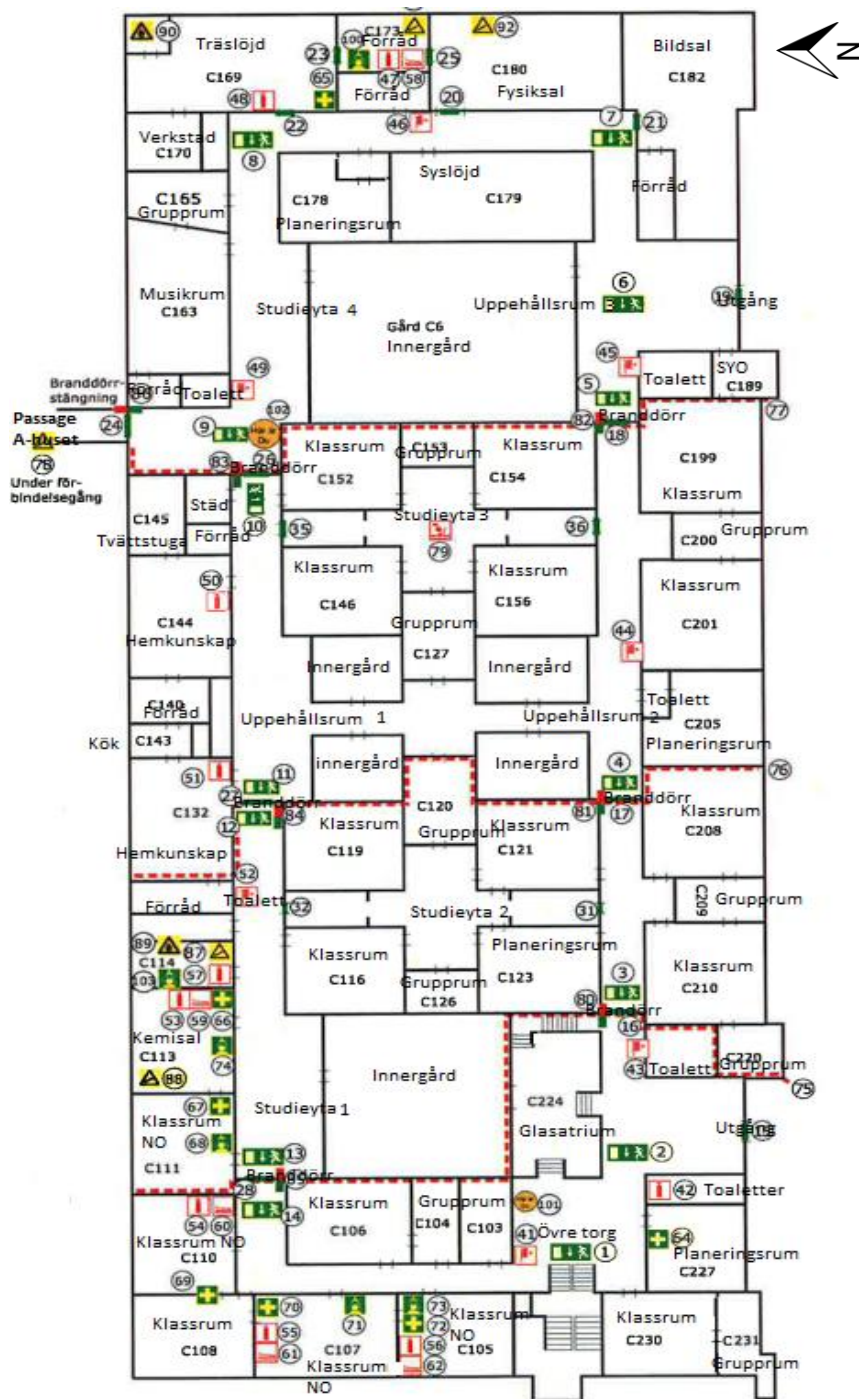
Figur 2-9 Översiktsritning för matsalen i byggnad B.



*Figur 2-10 Byggnad B från utsidan. Bild: Sofia Majtorp.*

## **2.4 Byggnad C**

Byggnad C är Frejaskolans största byggnad och omfattar skolverksamhet för årskurs 6-9. Byggnaden består av två plan. Förutom en passage mellan byggnad A och C, se Figur 2-11, finns inga andra sammanbindningar till andra byggnader. Byggnaden är konstruerad så att det för personer ska vara lätt att ta sig runt med undervisningslokaler på båda sidor om korridorerna, samt finns två innergårdar i byggnaden.



Figur 2-11 Översiktsritning över byggnad C.

På plan 1 finns förutom passagen mellan byggnad A och C, klassrum, toaletter och uppehållsrum. Även specialutrustade undervisningslokaler så som textil- och träslöjdsalar finns i byggnaden. I anslutning till träslöjdsalen finns ett mindre rum i vilket träslöjdens spånsug är placerad. I detta rum samlas och förvaras träflis samt fungerar rummet som en lagringsplats för elevernas träarbeten, se Figur 2-12.

Andra lokaler som finns är fysik- och kemisalar. I dessa lokaler förvaras gasolflaskor vilka då de inte används, är inlåsta i skåp. I kemisalen finns ett avskilt rum för förvaring av kemikalier till vilket endast lärare har tillträde. Andra salar som används för praktiska ämnen är bild-, musik- samt hem- och konsumentkunskapsal.



Figur 2-12 Till vänster: Träflissugen i träslöjdsförrådet. Till höger: Kemisal. Bild: Sofia Majtorp.

Byggnadens korridorer har ingen större omfattning av möblering, utan innefattar mest elevskåp, bord samt spridda papperskorgar, se Figur 2-13. Vid fönster finns också flamskyddade gardiner. Klassrummens möblering består av stolar, bord och övrig utrustning som behövs i undervisningen. Denna utrustning förvaras mestadels i träskåp i respektive klassrum.



Figur 2-13 Korridorerna i byggnad C är sparsamt möblerade. Bild: Sofia Majtorp.

Det nedre planet, även benämnt källarplanet, bedriver olika former av verksamheter. Det finns en större cafeteria med utrymme för fritidsverksamhet efter skoltid och till caféet finns ett mindre kök i ett eget utrymme. Det stora utrymmet för fritidsverksamheten har en öppen planlösning och är möblerat med stolar, bord och biljardbord. Utöver detta finns det i lokalen datorer samt torkskåp, se Figur 2-14.



Figur 2-14 Bilderna visar utrymmet i källaren som används för fritidsverksamhet. Bild: Sofia Majtorp.

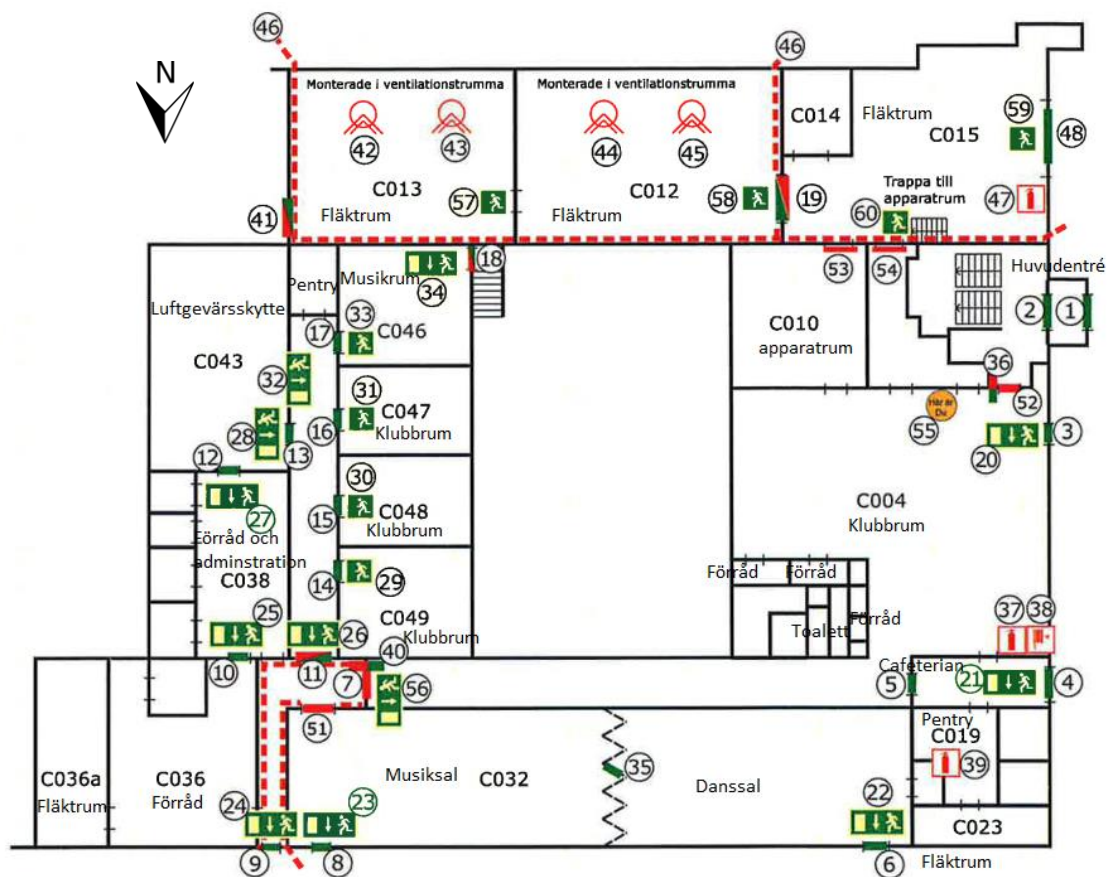
I den andra delen av källaren bedrivs en skytteförening efter skoltid. Detta innebär att den större lokalen är utformad som en skjutbana, med i princip endast plats för de som utövar aktiviteten. Som Figur 2-15 visar finns inget större utrymme för publika evenemang och tävlingar.



Figur 2-15 Den lokala skytteföreningen har sina lokaler i källaren. Bild: Sofia Majtorp.

I närliggande lokaler bedrivs vid olika tillfällen också andra verksamheter, exempelvis musikundervisning. Det finns också ett mindre pentry längst in i korridoren utanför dessa lokaler, se översikt bilden i Figur 2-16. Det är denna korridor samt korridoren från cafeteria som båda leder in i den brandcellsindelade utrymningsvägen, se vänster hörn i Figur 2-16.





Figur 2-16 Översiktbild av källarplanet i byggnad C.

## 2.5 Byggnad D

Av Frejaskolans alla byggnader är byggnad D den som är placerad längst söderut. Den är placerad i nära anslutning till byggnad C och verksamheterna som bedrivs är främst idrottsaktiviteter och badhus. Då denna del inte kommer till att beaktas eller analyseras i denna rapport har ingen vidare undersökning gjorts på byggnaden och dess uppbyggnad.

## 2.6 Byggnad E

Byggnad E är belägen norr om byggnad A och ansluter till denna via en passage.

Verksamheten i byggnad E är undervisning för årskurserna F-5 och majoriteten av de som befinner sig i byggnaden kan förväntas vara väldigt unga.

Byggnaden består av klassrum, pysselsalar samt lekrum för de yngre årskurserna. Det finns även mindre undervisningslokaler för barn med specialbehov samt några enstaka grupprum. I mitten av byggnaden finns också ett rörelserum.

I anslutning till de fyra utgångarna finns verandor, även benämnd vindfång. Dessa är byggda på ett sätt som lättast beskrivs som uterum mellan det fria och inomhus, se Figur 2-17.



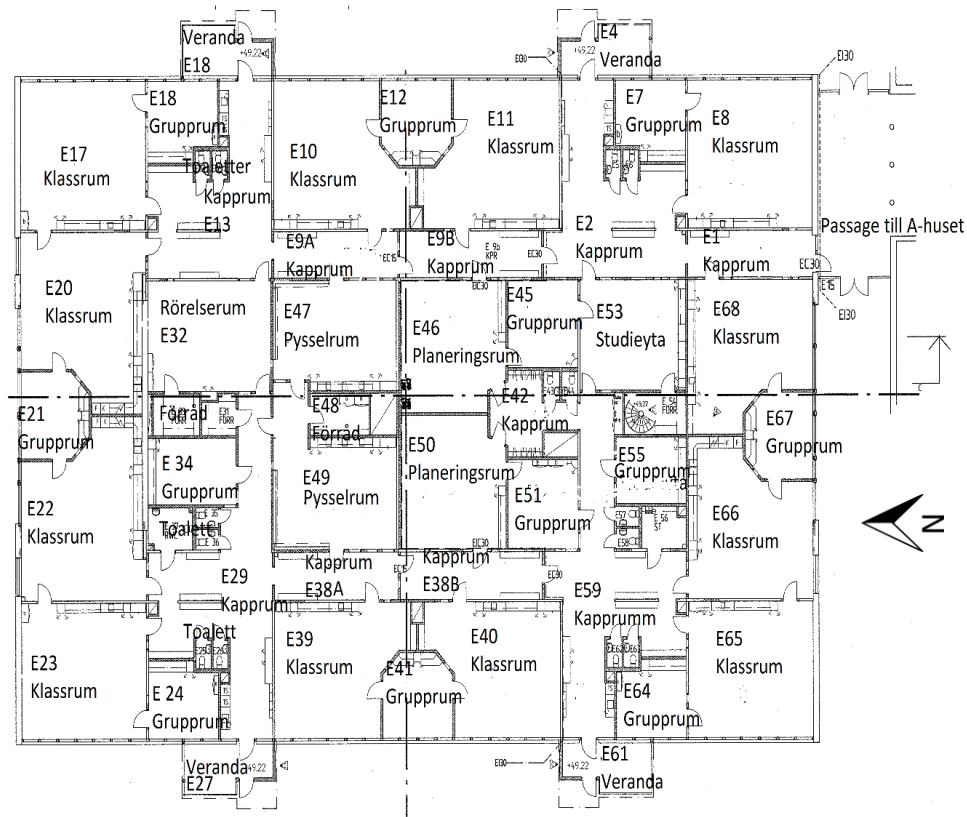
Figur 2-17 Till vänster: Bild tagen från insidan av ett kapprum ut mot verandan. Till höger: Vanlig syn i kapprummen. Bild: Sofia Majtorp.

Utanför klassrummen och i korridorerna finns kapprum där barnen ges möjligheten att hänga av sig sina ytterkläder. Vintertid bidrar detta till väldigt mycket kläder som hänger längs utrymningsvägarna. I nära anslutning till utgångarna finns också ett flertal torkskåp, se Figur 2-18.



Figur 2-18 Till vänster: Ett kapprum i byggnad E. Till höger: Ett av torkskåpen i kapprummet. Bild: Sofia Majtorp.

Då det är en avdelning för yngre barn hänger många teckningar och dylikt på väggarna vilket kan bidra till en ökad brandrisk då detta är mycket lättantändligt. Figur 2-19 ger en översiktbild av byggnad E.



Figur 2-19 Översiktsritning över byggnad E.

## 2.7 Byggnad F och G

I byggnad F och byggnad G bedrivs fritidsverksamhet och undervisning för barn med specialbehov. Dessa byggnader är i markplan och respektive byggnad är en egen brandcell. Se Figur 2-1 för överblicksritning.

I rapporten kommer ingen vidare undersökning av dessa byggnader att ske.



## 3 Regelverk

I Sverige finns regelverk som styr brandskyddet i byggnader. Detta regelverk består framförallt av Lagen om skydd mot olyckor, LSO. För att tillämpa LSO på ett tillfredställande sätt har Plan- och byggförordningen, PBL, tagits fram i avsnitt 3.1 och 3.2 beskrivs de delar i LSO och PBL som är relevanta ur ett brandskydds perspektiv.

### 3.1 Lagen om skydd mot olyckor

År 2004 trädde Lagen om skydd mot olyckor kraft och är idag den viktigaste svenska lagstiftningen som ska tas hänsyn till arbete med brandskyddsarbete (Eksjö kommun, 2014). I lagen beskrivs de skyldigheter som olika aktörer i samhället har och hur stor vikt som läggs på den enskilde individens ansvar. Vad gäller kommunen är denna skyldig att vidta både förebyggande och efterföljande åtgärder vid brand. De är även ansvariga för räddningstjänsten inom kommunen (SFS 2003:778). För analysen i denna rapport är det framför allt skyldigheter för ägaren alternativt nyttjanderättshavaren till byggnader eller andra anläggningar som är intressanta.

I kapitel 2 (SFS 2003:778) kan följande läsas angående ägaren alternativt nyttjanderättshavarens ansvar.

*”2 § Ägare eller nyttjanderättshavare till byggnader eller andra anläggningar ska i skälig omfattning hålla utrustning för släckning av brand och för livräddning vid brand eller annan olycka och i övrigt vidta de åtgärder som behövs för att förebygga brand och för att hindra eller begränsa skador till följd av brand.*

*3 § Ägare av byggnader eller andra anläggningar, där det med hänsyn till risken för brand eller konsekvenserna av brand bör ställas särskilda krav på en kontroll av brandskyddet, ska i skriftlig form lämna en redogörelse för brandskyddet. En nyttjanderättshavare ska ge ägaren de uppgifter som behövs för att denne ska kunna fullgöra sin skyldighet.”*

### 3.2 Plan- och byggförordningen

Plan- och byggförordningen innehåller bestämmelser och krav som måste uppfyllas för att en byggnad ska vara i enlighet med lagen. Enligt denna finns fem grundläggande krav på brandsäkerhet i byggnader, både befintliga och nybyggnationer. Dessa kan läsas i Plan- och byggförordningen (2011:338) 3 kap. 8 § och beskrivs enligt följande:

- Byggnadsverkets bärförmåga vid brand kan antas bestå under en bestämd tid.
- Utveckling och spridning av brand och rök inom byggnadsverket begränsas.
- Spridning av brand till närliggande byggnadsverk begränsas.
- Personer som befinner sig i byggnadsverket vid brand kan lämna det eller räddas på annat sätt.
- Hänsyn har tagits till räddningsmanskapets säkerhet vid brand.

Det översta kravet behandlas i EKS, Europeiska konstruktionsstandarder, medan övriga fyra kraven hanteras i Boverkets byggregler, BBR. BBR är en samling föreskrifter och allmänna råd där kapitel 5 beskriver minimikraven på säkerheten i byggnader i händelse av brand. Enligt BBR (BFS 2014:3) kapitel 5:1, ska byggnader utformas med sådant brandskydd att brandsäkerheten blir tillfredställande.

### 3.3 Verksamhetsklass och byggnadsklass

Vid en brandteknisk dimensionering utgår man från den verksamhetsklass och byggnadsklass som gäller för byggnadsverket. Dessa bestäms utifrån kapitel 5:2 *Brandtekniska klasser och övriga förutsättningar* i BBR (BFS 2014:3).

#### 3.3.1 Verksamhetsklass

Byggnadsverk delas in i verksamhetsklasser utifrån den verksamhet som bedrivs i lokalen samt risken att brand uppkommer och att brandförloppet är snabbt och omfattande. Hänsyn tas även till de personer som vistas i byggnaden: deras lokalkännedom, om de förväntas vara vakna eller sovandes samt deras rörlighet i byggnaden. I vissa av Frejaskolans lokaler finns möjlighet till övernattnig, dock har dessa lokaler valt att klassas i enlighet med de krav som finns för den ordinarie verksamheten i lokalen.

##### **Byggnad A**

Hela byggnaden, det vill säga bottenvåning, plan 1 och plan 2, klassas som verksamhetsklass 2A eftersom:

- Det inte förväntas befinna sig fler än 150 personer totalt i en enskild brandcell.
- De personer som förväntas vistas i byggnaden har dålig lokal kännedom samt kan själva sätta sig i säkerhet.

##### **Byggnad C**

Markplan samt uppehållsrummet i källarplan klassas som verksamhetsklass 2A eftersom:

- Respektive brandcell inte förväntas inneha fler än 150 personer.
- Verksamheten som bedrivs är en skola med årskurserna 6-9.
- De personer som förväntas vistas i byggnaden har dålig lokal kännedom men kan själva sätta sig i säkerhet.

Fläktrummen i källarvåningen samt installationsgrunden klassas som verksamhetsklass 1 eftersom:

- De personer som förväntas vistas i lokalen har god lokal kännedom samt kan själva sätta sig i säkerhet.
- Personer som vistas i lokalen förväntas vara vakna.

##### **Byggnad E**

Markplan klassas som verksamhetsklass 2A eftersom:

- Det inte förväntas befinna sig fler än 150 personer totalt på respektive våningsplan.

- De personer som förväntas vistas i byggnaden har dålig lokal kännedom samt kan själva sätta sig i säkerhet.

Krypgrunden samt fläktrummet klassas som verksamhetsklass 1 eftersom:

- De personer som förväntas vistas i lokalen har god lokal kännedom samt kan själva sätta sig i säkerhet.
- Personer som vistas i lokalen förväntas vara vakna.

### **3.3.2 Byggnadsklass**

Byggnadsklassen bestäms utifrån byggnadens skyddsbehov där aspekter som möjliga brandförlopp, byggnadens komplexitet samt potentiella konsekvenser beaktas. Byggnader kan som högst klassas med Br0, mycket stort skyddsbehov, och som lägst Br3, litet skyddsbehov. Utifrån BRR bör byggnad A klassas som Br1 då denna har tre våningar. Byggnaderna E och C bör klassas som Br3 då dess kombination av personantal, verksamhetsklass, antal våningsplan etc, ej kräver att en högre byggnadsklass tillämpas enligt BRR (BFS 2014:3).

## **3.4 Nya krav vid ombyggnation**

Frejaskolan byggdes på 1970-talet och således finns delar på skolan som följer de krav som ställes vid uppförandet av byggnaden. År 2000 renoverades dock stora delar av skolan och för dessa delar gäller istället de krav som var gällande under detta år. I dagsläget finns inget större behov av varken ombyggnation eller utbyggnation. Skulle dock en sådan ske måste detta vara i linje med dagens krav på brandskydd i byggnader, det vill säga enligt BBR22.

Exempelvis skulle brandcellsindelningen behöva göras om vid en ombyggnation då BBR22 kräver att utrymningsvägar utgör en egen brandcell (BFS 2015:3). I byggnad C kommer de större korridorerna på första plan, det vill säga från vilka huvuddelen av klassrummen leder ut till, att utgöra den huvudsakliga utrymningsvägen för många personer i skolan. Enligt dagens lagstiftning bör alltså dessa vara en egen brandcell.





## 4 Befintligt brandskydd

Det befintliga brandskyddet i byggnad A, C och E kommer att redovisas i detta kapitel. Bland annat beskrivs byggnadernas passiva system, så som byggnadsmässiga konstruktioner, men också aktiva och manuella system. Till det befintliga brandskyddet räknas utöver ovan nämnda även räddningstjänstens insatser och deras åtkomst, samt utformningen av utrymningsvägar.

### 4.1 Passiva system

Det finns en mängd olika typer av passiva system i de tre byggnaderna, vilka beskrivs mer ingående i följde kapitel.

#### 4.1.1 Brandcellsindelning

Alla byggnader har någon form av brandcellsindelning baserat på den verksamhet som bedrivs i de olika delarna av lokalen. Alla brandcellsgränser kan studeras i Bilaga 8. Vid samtliga områden där det finns en genomgång mellan två brandceller finns brandcellsörrar som uppfyller samma beständighetskrav som övriga brandcellsskiljande byggnadsdelar. Dessa är enkeldörrar eller dubbeldörrar av standardmått beroende på placering i byggnaden.

##### **Byggnad A**

I byggnad A finns en brandcell i det trapphus som sträcker sig mellan grundplan, över plan 1 och plan 2, upp till vindsutrymmet. Det finns även en brandcellsgräns, det vill säga brandcellsskiljande byggnadsdelar, mellan byggnad A och passagen till byggnad E.

##### **Byggnad C**

I C-byggnadens markplan finns tre brandcellsgränser vilka delar in våningsplanet i fyra brandceller där verksamheterna trä- och textilslöjd, bild-, musik- samt fysiksal kan återfinnas i den på ritningen ostligaste brandcellen. I denna brandcell finns även passagen mellan A- och C-byggnaden, se Figur 2-11.

I den näst ostligaste brandcellen finns mestadels klassrum men även två hemkunskapssalar. I den näst västliga brandcellen finns kemisalar, kemikalieförråd samt klassrum. I den västligaste brandcellen finns klassrum, NO-sal, grupprum samt uppehållsutrymmen för eleverna.

I byggnad C finns även en källarvåning där en av utrymningsvägarna är byggd att vara en egen brandcell. Det finns även två fläktrum vilka tillsammans utgör en brandcell och slutligen ett kombinerat fläkt- och apparatrum vilket är en egen brandcell. Det finns en installationsgrund i byggnaden vilken även denna utgör en egen brandcell, se Figur 2-16.

##### **Byggnad E**

Byggnaden är uppdelad i två brandceller. Verksamheterna i de två brandcellerna skiljer sig inte och uppbyggnaden av verksamheten ser ut på samma sätt. Byggnaden innefattar många mindre lokaler som fungerar som undervisningssalar, med inslag av enstaka grupp- och rörelserum för barnen. I byggnad E finns även en krypgrund och en fläktrind som är utformade som egen brandcell.

#### **4.1.2 Utrymningsvägar**

I skolan används utrymningsvägar i form av både dörrar och fönster. I varje lokal finns två av varandra oberoende utrymningsvägar, dock finns brister i ett fåtal klassrum där utrymningsfönster är blockerade. I undervisningslokalerna är utrymningsdörrarna en meter breda och de brandcellsavskiljande dörrarna två meter breda. Skolans ytterdörrar förekommer med bredderna en respektive två meter. De brandcellsavskiljande utrymningsdörrarna är vanligtvis uppställda men stängs automatiskt då brandlarm går. Utrymningsfönstren har standardvred för öppning medan dörrbeslagen varierar mellan olika typer av dörrhandtag och vred.

#### **4.1.3 Vägledande markeringar**

I byggnaden finns vägledande markeringar i form av gröna skyltar med tydliga vita symboler. Dessa är placerade i utrymmen som är svårorienterade samt i direkt anslutning till utrymningsvägen. Skyltningen kan dock inte anses vara tillfredställande då det på flertal ställen behövs ytterligare vägledande markeringar samt att några av de nuvarande uppsatta skyltarna är deformerade, se avsnitt 5.4.

Utrymningsplaner finns uppsatta vid olika punkter i respektive byggnad. På dessa avläses vilka utrymningsvägar som finns i de båda byggnaderna. I huvudentrén i byggnad A sitter en utrymningsplan över A- och C-byggnaden. Vid en av utrymningsvägarna i källaren i C-byggnaden finns en utrymningsplan över källarvåningen.

#### **4.1.4 Belysning**

För att underlätta utrymning finns det tillfredställande allmänbelysning längs alla utrymningsvägar. Det finns ingen nödbelysning i skolbyggnaderna, dock är de flesta utrymningsskyltar belysta.

#### **4.1.5 Uppsamlingsplats**

Varje byggnad och byggnadsdel har olika eller gemensamma uppsamlingsplatser dit elever ska bege sig i händelse av utrymningslarm. Dessa är väl markerade med skyltar på skolområdet. Då en ombyggnation av idrottshallen för tillfället genomförs har en uppsamlingsplats som tidigare låg på parkeringen framför byggnad C flyttats. Bilaga 9 redovisar en situationsplan över uppdaterade uppsamlingsplatser med hänsyn till ombyggnationen.

#### **4.1.6 Brandspridning mellan byggnader**

Mellan byggnad A och byggnad C bedöms avståndet vara cirka åtta meter, vilket är det rekommenderade avståndet enligt Boverket (2014) mellan byggnader för att uppnå tillfredsställande skydd. Dessa förbinds dock med en passage. Passagen är försedd med en egen brandcell med samma krav som de intilliggande byggnaderna. Detta för att förhindra brandspridning via passagen.

Mellan byggnad A och byggnad E råder ett avstånd på knappt åtta meter. Även dessa huskroppar är sammanbyggda och skyddet mot brandspridning mellan huskropparna säkerställs genom att även denna passage är en egen brandcell.

#### **4.1.7 Inredning och ytbehandling av väggar**

I korridorer och klassrum finns gardiner upphängda. Dessa är av flamskyddat material för att begränsa spridningen av brand. Majoriteten av lokalerna bedöms ha väggar av målad betong. I några fall observerades väggar av tegel, detta främst i korridorerna, men också i mindre omfattning vid kapprummen. Inredningen i lokalerna består främst av bord och skolbänkar i trämaterial. I vissa delar av byggnaderna förekommer teknisk utrustning i form av datorer och torkskåp.

### **4.2 Aktiva system**

De olika aktiva system som förekommer i de olika byggnaderna beskrivs i avsnittet nedan.

#### **4.2.1 Detektionssystem**

I samtliga byggnader finns automatiskt brandlarm monterat. Detektionssystemet utgörs främst av rökdetektorer, men i salar där verksamheten inte tillåter detta har istället värmedetektorer installerats. Brandlarmsystemet är av typen konventionellt, vilket innebär att ett antal detektorer utgör en sektion, där varje sektion har en larmadress. På Frejaskolan finns totalt 26 sektioner. Vid behov kan systemet aktiveras manuellt via en knapp i huvudentrén till byggnad A, se avsnitt 5.3. Detektorerna är generellt inte placerade i klassrum eller liknande då det i dessa anses lätt för en brand att upptäckas utan detektorer. Detektorerna förekommer i utrymningsvägar samt i klassrum som anses behöva förhöjd säkerhet på grund av den verksamhet som utövas där, t.ex. fysik-, hemkunskaps-, och kemisalar.

Då detektionssystemet aktiveras i byggnaderna A, C och E direktkopplas larmet till räddningstjänsten. Direktkopplingen sker oavsett om larmet aktiverats automatisk via en detektor eller manuellt via en larmknapp. Även fastighetsägaren kontaktas och denna har möjlighet att tysta larmdonen vid inspektion om så är önskvärt. Återställning sker först efter att räddningstjänsten gett klartecken och görs endas av fastighetsägaren. Detektionssystemet är även kopplat till de automatiska dörrstängare vilka stänger brandcellsavskiljande dörrar.

Utöver ovan nämnda detektorer finns även värmedetektorer monterade i ventilationskanalerna. Dessa styr ventilationsaggregatet och då en detektor löser stängs ventilation i byggnaden av.

#### **4.2.2 Utrymningslarm**

Utrymningslarm finns installerat i samtliga byggnader och aktiveras automatiskt då detektionssystemet löser ut med undantag för detektorerna i ventilationskanalerna, dessa är inte är kopplade till utrymningslarmet. Skulle detektionssystemet enbart aktiveras i byggnad C kommer inget utrymningslarm ljuda i byggnad E, och tvärt om. Eftersom byggnad A är sammanbyggd med huskropparna C och E kommer utrymningslarmet att aktiveras i byggnad A då detektionssystemet löser i någon av byggnaderna A, C och E.

#### **4.2.3 Automatiska dörrstängare**

På de ställen där det finns en öppning i en brandcell, dock ej fönster, alternativt en övergång mellan två brandceller, finns brandcells dörrar monterade. Vid normal verksamhet är dessa uppställda för att underlätta flödet i exempelvis skolkorridorerna. Brandcells dörrarna är uppställda med magneter vilka styrs elektroniskt, se Figur 4-1. Då detektionslarmet löser ut kopplas strömmen till dörrstängarna bort och den magnetiska verkan upphör.

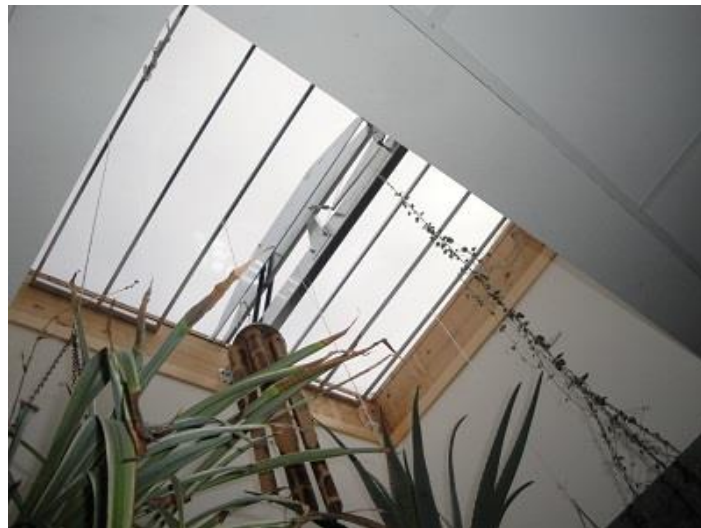
Detta resulterar i att dörrarna går igen. Brandcells dörrarna kan även stängas manuellt genom att trycka på en strömbrytare i anslutning till dörren. Dessa är endast synligt monterade på väggen i byggnad A. I byggnad C och byggnad E kan strömbrytaren återfinnas under innertaket ovanför brandcells dörren. Anledningen till detta är att det i byggnad E och byggnad C främst vistas elever, vilka man inte önskar ska trycka på strömbrytaren om detta inte är nödvändigt. Ett resultat av detta är att det blir svårare att kontrollera dörrstängarens funktion.



Figur 4-1 Till vänster: Figuren visar de magnetiska dörrstängare som används. Till höger: En av de dörrstängningsknappar som finns monterade under innertaket. Bild: Sofia Majtorp.

#### 4.2.4 Brandgasventilation

Brandgasventilation är ett system som inte används i någon större omfattning på Frejaskolan. En brandgaslucka finns installerad och denna är placerade i den centrala delen av byggnad E. På brandgasluckan finns ett smältbleck vilket håller luckan stängd. Då varma brandgaser når luckan kommer smältblecket att smälta varav luckan öppnas, se Figur 4-2.

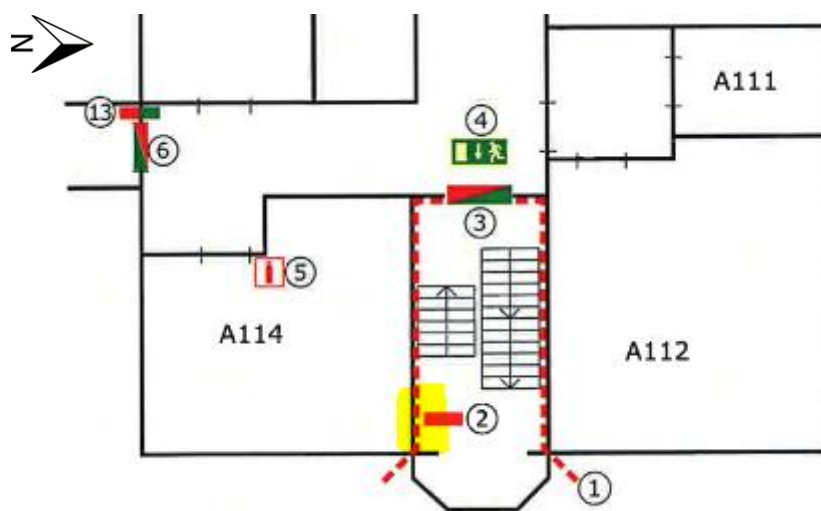


Figur 4-2 Brandgasluckan i byggnad E. Bild: Sofia Majtorp.

## 4.3 Manuella system

I samtliga byggnader finns handbrandsläckare utplacerade för manuella släckinsatser, både i gemensamma utrymmen och i utrymmen avstängda för elever. I allmänna utrymmen som korridorer och klassrum används skumsläckare, och i utrymmen med speciella verksamheter finns brandsläckare anpassade för detta. Ett konkret exempel på detta är kolsyresläckare i serverhallen i A-byggnadens källare och i C-husets kemisalar.

På hela skolområdet finns endast en knapp för manuell aktivering av brandlarmet. Vid aktivering av denna startas utrymningslarmet i samtliga byggnader. Denna knapp är placerad vid huvudentrén i byggnad A, se Figur 4-3.



Figur 4-3 Knapp för manuell aktivering av brandlarm återfinns vid den gula markeringen i bilden.

## 4.4 Systematiskt brandskyddsarbete

Frejaskolan arbetar aktivt med det systematiska brandskyddsarbetet och rutiner för hur detta ska genomföras finns. Det finns en tydlig överenskommen ansvarsfördelning mellan fastighetsägaren och verksamhetsutövare angående underhåll och kontroll av det byggnadstekniska brandskyddet samt de fasta brandskyddsinstallationerna. All information i detta avsnitt kommer från Joakim Karlsson<sup>1</sup>.

### 4.4.1 Instruktioner och rutiner

Vid brand ska byggnaden utrymmas via närmast möjliga nödutgång och det är respektive klasslärare som ansvarar för att samtliga elever under en pågående lektion utrymmer. Klasslärarna ska även se till att samla klassen på angiven uppsamlingsplats samt räkna in eleverna. Om elever saknas är det lärarens uppgift att rapportera detta till skolledningen som ska befinna sig vid huvudentrén till byggnad A. Det är förbjudet att återvända in i byggnaden innan skolledningen eller räddningstjänsten gett klartecken.

<sup>1</sup> Joakim Karlsson, vaktmästare Frejaskolan, Gnesta. Studiebesök 12 februari 2015.

Utöver de ovanstående rutinerna vilka gäller vid utrymning har skolan även **dagliga rutiner**:

- Belysning släcks.
- Huvudströmbrytare slås ifrån i hemkunskaps- och slöjdsalarna.
- Huvudbrytare för gasol slås ifrån i kemisalarna.
- Brandfarlig vara låses in i för ändamålet avsedda skåp.

Det finns också ett antal **övriga rutiner** som efterföljs inom verksamheten:

- Vid heta arbeten, exempelvis svetsning, måste utföraren inneha ett giltigt certifikat.
- Rökning får endast ske på anvisad plats i byggnaderna eller på skolområdet.
- Ljushållare får inte vara av brännbart material.
- Övernattning är tillåten i vissa delar av byggnaden, dock krävs vissa åtgärder för detta vilka den brandskyddsansvarige på skolan informera om.

#### **4.4.2 Beredskap för brand**

I de aktuella byggnaderna A, C och E finns dokumenterade planer för utrymning vid brand. Detta innebär att personer som befinner sig i de olika delarna i byggnaderna ska veta vilka utrymningsvägar som finns att tillgå samt lättaste vägen dit.

Frejaskolan uppfyller kommunens krav på regelbunden utbildning av heltidsanställd personal, samt utbildning av vikarier. Detta innebär att den brandskyddsansvarige genomgår en teoretisk utbildning om förebyggande brandskyddsarbete vart fjärde år. All övrig personal genomgår en utbildning i att hantera brandsläckare, också denna vart fjärde år. För att även eleverna ska få kunskap om de rutiner som finns informeras dessa av klassföreståndarna i samband med varje nytt läsår. Utöver detta hålls även utrymningsövningar två gånger om året.

#### **4.4.3 Drift, underhåll och dokumentation**

Var femte år genomförs en säkerhetsrondering av räddningstjänsten där en riskinventering utförs. Riskinventering innebär att potentiella risker kartläggs utifrån byggnadens utformning samt den verksamhet som bedrivs i lokalen. Räddningstjänsten gör även regelbundna tillsyner på Frejaskolan där de undersöker huruvida Lagen om skydd mot olyckor och Lagen om brandfarliga och explosiva varor uppfylls. En lokal bestämmelse i Gnesta kommun säger även att skolan ska genomföra en egen säkerhetsrond vartannat år. Fyra gånger om året kontrolleras skolans brandskydd av ansvarig brandkontrollant på skolan tillsammans med en representant från elevorganisationen. Vid dessa kontroller ses brandskyddet över systematiskt utifrån en checklista. Uppföljning av checklistorna sker genom att dessa sammanställs överlämnas till räddningstjänsten, alternativt kan verksamhetsutövaren, det vill säga skolan, själv åtgärda brister som upptäcks.

Detektionssystemet testas regelbundet för att säkerställa dess funktion. En gång i månaden utförs ett ”tyst” månadsprov på ett antal utvalda detektorer, innebärande att testet sker utan att utrymningslarmet kopplas till. Det genomförs även kvartalstester med ljud där också utrymningslarmet testas.

En del av brandskyddsutrustningen, som upplysta skyltar, brandsläckare och brandposter, kontrolleras av den externa firman Prevo en gång om året. Även snöröjning görs av en extern firma om behovet finns.

För varje våning i respektive byggnad finns planritningar i vilka de brandtekniska installationerna finns dokumenterade, se Bilaga 8.

## 4.5 Räddningstjänst

Informationen i detta avsnitt kommer från Tomas Bredberg<sup>2</sup>. Vid ett larm på Frejaskolan kommer Gnesta Brandkår att rycka ut med en styrka av storleken 1+4. Räddningstjänsten bedömer att tid för körning är tre minuter och att det tar en minut innan de börjar rulla från brandstationen. Det antas därför att en styrka är klar för rökdykning efter cirka fem minuter.

Räddningstjänstens senast genomförda tillsyn på Frejaskolan genomfördes den 8 maj 2014 där en rad brister upptäcktes. De allvarligaste var att skolan saknade fullständig dokumentation av brandskyddsarbetet samt att ett antal dörrstängare och utrymningsskyltar var trasiga.

## 4.6 Ventilationssystem

Denna del behandlar ventilationen som finns på objektet. Även mindre avsnitt om brandgasspridning och åtgärder mot brandgasspridning redovisas. All information nedan är tagen från Jensen (2002) om inget annat anges.

### 4.6.1 Befintlig ventilation

Underlaget för bedömning av ventilationssystemets uppbyggnad i byggnad E har varit undermålig. Utifrån de ritningar som finns tillgängliga samt efter det genomförda studiebesöket bedöms systemet vara ett FT-system. Fläktrummet i byggnad E är placerat på plan två. Enligt ritningar finns ett flertal ljuddämpare och spjäll installerade längs de olika ventilationskanalerna i byggnaden.

Bara en ritning fanns tillgänglig för ventilationssystemet på plan 1 i byggnad A. Även här bedöms systemet vara ett FT-system, men information om eventuell fläkt och andra viktiga komponenter saknas. Då byggnad A är utformad som en egen brandcell förutsätts brandgasspridning inte ske till anslutande byggnader.

Ritningsunderlag för ventilationssystemet i byggnad C saknas och därför görs ingen vidare bedömning.

### 4.6.2 Beskrivning av ventilationssystemet

Ett FT-system innebär att en tilluft- och frånluftsfläkt ventilerar huset via två kanalsystem. Detta är ett av de mer kompletta ventilationssystemen. Då systemet inte bygger på undertryck

---

<sup>2</sup> Brandinspektör Tomas Bredberg, Sörmlandkustens Räddningstjänst. Studiebesök den 12 februari 2015.

går det att säga att praktiskt taget all tilluft kommer via tilluftsdonen under förutsättning att huset är någorlunda tätt. Ett bra FT-system är både flexibelt och stabilt. Flexibiliteten medför en möjlighet att styra ventilationen efter de behov som finns. Stabiliteten medför att systemet ska fungera som avsett, i princip oberoende av aktiviteterna i huset (Svensk ventilation, 2015).

#### **4.6.3 Brandgasspridning i FT-system**

Brandgasspridning i ett FT-system kan sammanfattas med nedanstående punkter:

- Brandgasspridning till omgivningen sker för ett litet brandflöde i förhållande till det normala ventilationsflödet.
- Då kanalbrandflödet är större än det normala ventilationsflödet kan brandgasspridning ske till andra rum via T-systemet.
- Brandrummets placering i förhållande till fläktarna har ingen betydelse.
- Brandgaser som sprids är normalt utspädd med övriga normala ventilationsflöden och därför också nedkyld. Spridningshastigheten är densamma som den normala lufthastigheten.
- I extremfall kan brandgaser som sprids vara varm och outspädd. Då rökspridning sker till mer än en lokal kommer detta inträffa ytterst i ett kanalsystem.

#### **4.6.4 Åtgärdsförslag mot brandgasspridning**

Detta avsnitt kommer kort behandla hur brandgasspridning i ett FT-system kan åtgärdas.

##### ***Tryckavlastning***

För att minska trycket som byggs upp vid brand kan tryckavlastning utformas med t.ex. tryckavlastningsspjäll som öppnar vid detektion. Eftersom att trycket utomhus kan variera stort mellan olika sidor av en byggnad är det viktigt att en tryckavlastning sker på båda sidor. Det är viktigt att påpeka att tryckavlastning inte är någon rök- och brandgasutluftning.

##### ***Brandgasspjäll***

Brandgasspjäll är en vanlig åtgärd mot brand- och brandgasspridning. Åtgärden går ut på att spjäll installeras i både T- och F-systemet för en brandcell. Vid brand stoppas fläktarna och spjällen stängs vilket bidrar till att brandcellen avskiljs från resten av byggnadens ventilationssystem.

##### ***Separata system***

Ingen brandgasspridning via ventilationssystemet är möjligt eftersom att varje brandcell får ett eget system. Detta är dock inte alltid praktiskt möjligt eller ekonomiskt försvarbart.



## 5 Brister i befintligt brandskydd

Vid studiebesöket genomfördes en kontroll av det befintliga brandskyddet och en del brister observerades.

### 5.1 Blockerad utrymningsväg

Vid besöket observerades att utrymningsvägarna för klassrummet i A-byggnadens källarplan var bristfälliga. Utrymmet har två av varandra oberoende markerade utrymningsvägar. Den första är den dörr in till klassrummet som leder ut till byggnadens huvudentré. Den andra utrymningsvägen återfinns i ett mindre utrymme bakom klassrummet, vilket främst fungerar som förvaring av extra bord och stolar. Meningen är att personer som befinner sig i klassrummet ska ta sig till detta utrymme och därifrån utrymma genom det fönster som finns och som leder direkt ut i det fria. Se Figur B8-3 i Bilaga 8.

Kontroll över fönsters funktion gjorde att brister kunde påvisas. En av bristerna var bland annat att fönster öppnades inåt. Detta anses vara ett problem då utrymmet i sig redan är väldigt smalt och att det vid utrymning kan tänkas vara så mycket som 30 personer som ska ta sig ut. Ett annat problem som observerades var att fönstret slog i de rör som fanns i taket vilket gör att det inte går att öppna helt. Istället måste personer trycka sig genom den öppning som finns vilket leder till en betydligt långsammare utrymning, se Figur 5-1.



Figur 5-1 Bilderna visar bristerna vid fönsterutrymning för källarklassrummet i byggnad A. Bild: Sofia Majtorp.

Vidare kontroll utfördes av fönster i klassrummet som inte är klassade som utrymningsvägar. Syftet var att kontrollera om dessa skulle kunna användas som alternativ utrymningsväg till det blockerade ordinarie utrymningsfönstret. Det konstaterades dock att utrymning via klassrumsfönster är omöjlig. Förutom att fönsterna är placerade en bit över golvet så förhindrar även det låga innertaket fönsterna från att öppnas helt. Mittenbilden i Figur 5-6 visar detta problem.

## 5.2 Blockerad släckutrustning

På ett fåtal ställen runt om i byggnaden kunde blockerad släckutrustning påträffas. I den mindre slöjdsalen som är placerad mellan träslöjd- och fysiksalen förvaras mycket bråte. Bland annat en träskiva som både skymmer och försvårar användandet av den utplacerade kolsyresläckaren observerades, se Figur 5-2.



Figur 5-2 Bilderna ovan visar en blockerad kolsyresläckare i en av slöjdsalarna. Bild: Sofia Majtorp.

## 5.3 Automatisk dörrstängning

Vid platsbesöket på skolan testades ett mindre antal dörrstängare för att undersöka funktionen av dessa. Samtliga dörrstängare testades genom att manuellt trycka på den strömbrytare som finns i anslutning till respektive brandcells dörr. Vid samtliga fall släppte magneten då strömmen bröts. Vid majoriteten av försöken gick dock dörren inte igen fullständigt. Detta är en brist då en brandcells dörr på glänt medför att brandcellsgränserna inte uppfylls, se Figur 5-3.



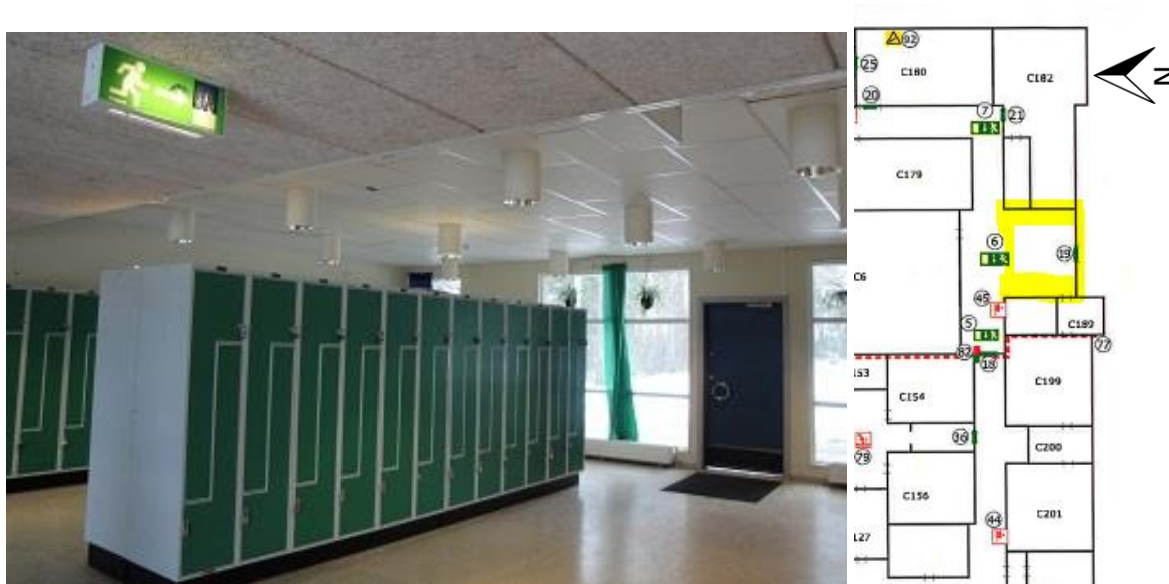
Figur 5-3 Bilden visar en av de dörrar som inte gick igen då dörrstängningen testades. Bild: Sofia Majtorp.

## 5.4 Otillfredsställande vägledande markeringar

Källarvåningen i byggnad A inrymmer ett klassrum med en utrymningsskylt strax ovanför dörren. Utanför klassrummet finns ett utrymme från vilket det finns dörrar till kommunens arkiv, serverhall samt en trappa som leder upp till huvudingången. I detta rum saknas vägledande markering mot trappan. Då utrymning sker ut ur klassrummet skymms sikten mot trappan av en specialbyggd hiss, se Figur 2-2.

På ett flertal ställen saknas även skyltar i direkt anslutning till utrymningsvägen. Till vissa klassrum fungerar fönster som en utrymningsväg. Det råder dock brist på vägledande markeringar som visar detta i klassrummen, t.ex. i rum E19.

En av ingångarna till byggnad C är ett konkret exempel där utrymningsskylt saknas i direkt anslutning till utrymningsvägen. Denna ligger i den nordöstra delen av byggnaden och är gulmarkerad i Figur 5-4 nedan. Det sitter dock en utrymningsskylt i taket där det sker en riktningsändring av utrymningsvägen, se Figur 5-4. Det bör tilläggas att det även finns andra dörrar i anslutning till utrymnet och vid skymd sikt kan förvirring ske.



Figur 5-4 Skyltning saknas i direkt anslutning till utrymningsvägen. Bild: Sofia Majtorp.

Ett flertal utrymningsskyltar var deformerade, framförallt i byggnad C. Ett par utrymningsskyltar visade brister i att de inte var upplysta. Dock kunde nödbatterierna, vilket får skyltarna att lysa då strömmen bryts, testas på plats och dessa fungerade. På andra skyltar hade plasten spruckit eller täckts över av gardiner och på ett fåtal kunde klotter observeras. På ett par ställen var även skyltningen i anslutning till brandposter deformerad, alternativt saknades skyltning helt, se Figur 5-5.



Figur 5-5 Trasig skyltning i byggnad C. Bild: Sofia Majtorp.

## 5.5 Brandgasventilation

De brandskyddsansvariga på Frejaskolan hade ingen vetskap om att brandgasluckan i byggnad C fanns till, och därmed har de heller inte lämpliga rutiner för hur denna ska ses över. Personalen som vistas i utrymmet där rökluckan finns är inte medvetna om dess funktion och använder denna som ett takfönster samt upphängningsanordning för växter, se Figur 4-2 och Figur 5-6.



Figur 5-6 Rökluckan i byggnad C används som upphängningsanordning för växter. Bild: Sofia Majtorp.

## 6 Brandskyddsanalys

Brandskyddsanalysen baseras på brand- och utrymningsscenarier. Detta kapitel tar upp de ämnen som är viktiga för vidare analys av dessa. Utöver detta har elva troliga brandscenarier tagits fram utifrån de omständigheter som var under studiebesöket den 12 februari 2015.

### 6.1 Kritiska förhållanden

Vid bedömning av de analyserade scenariernas allvarhetsgrad har kriterierna i Tabell 6-1 använts för att definiera de kritiska förhållandena. Kriterierna är hämtade ur BFS 2013:12, BBRAD 3.

*Tabell 6-1 Tabellen visar den nivå för kritisk påverkan på människor som använts vid analysen av utrymningssäkerhet, enligt BFS 2013:12 BBRAD 3.*

Kriterium	Nivå
Brandgaslagrets nivå ovan golv	Lägst $1,6 + (\text{rumshöjden (m)} \times 0,1)$
Siktbarhet, 2,0 m ovan golv	5,0 m i utrymmen $\leq 100 \text{ m}^2$ . Kriteriet kan även tillämpas för situationer där köbildning inträffar i ett tidigt skede vid den plats kön uppstår.
Värmestrålning/Värmedos	Max $2,5 \text{ kW/m}^2$ eller en kortvarig strålning på max $10 \text{ kW/m}^2$ i kombination med max $60 \text{ kJ/m}^2$ utöver energin från en strålningsnivå på $1 \text{ kW/m}^2$
Temperatur	Max $80 \text{ °C}$ i ansiktshöjd, d.v.s. 1,6 m ovanför golvet
Toxicitet, 2,0 m ovan golv	Kolmonoxidkoncentration ( $\text{CO}$ ) $< 2\,000 \text{ ppm}$ Koldioxidkoncentration ( $\text{CO}_2$ ) $< 5 \%$ Syrgaskoncentration ( $\text{O}_2$ ) $> 15 \%$

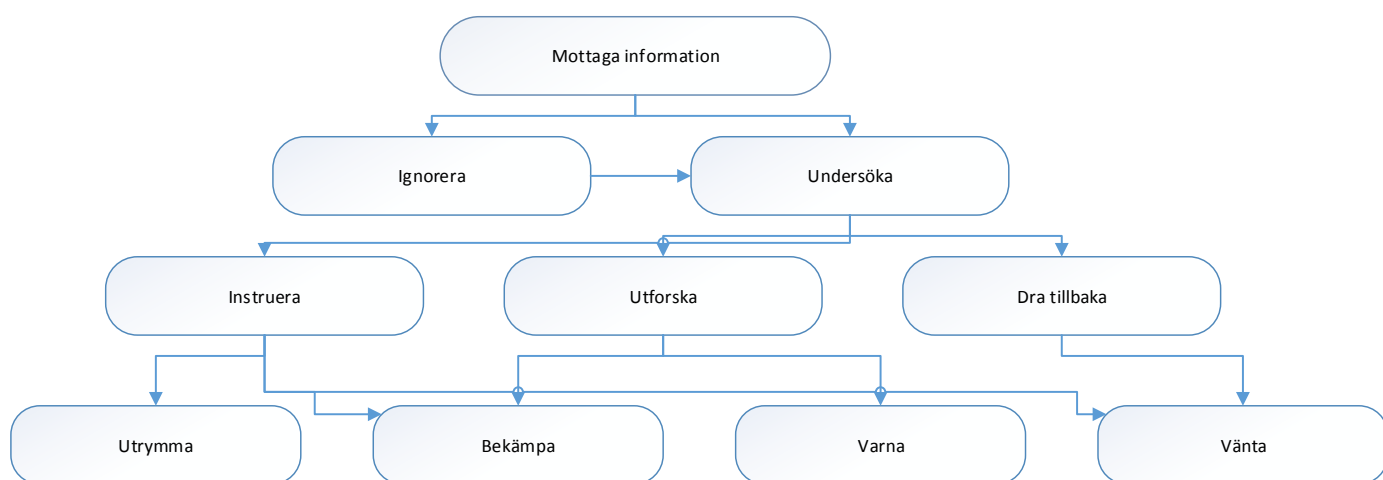
### 6.2 Simuleringsprogram

De simuleringsprogram som används för genomförandet av denna brandskyddsanalys är Pathfinder och FDS. Pathfinder används för att simulera utrymning vid brand och uppskatta den tid det tar för människor att utrymma (Thunderhead Engineering, 2014). FDS används för att simulera bränder och spridning av brandgaser för att undersöka om, och i så fall vid vilka tidpunkter, kritiska förhållanden uppstår (McGrattan et al., 2014). I samband med FDS används programmet Pyrosim. För mer ingående beskrivning av de olika programmen, se Bilaga 5. I denna bilaga beskrivs även de termer som används i denna rapport.

## 6.3 Människors beteende vid brand

Människors beteende vid brand är något som är mycket svårbedömt. Idag finns ett flertal olika modeller som ska simulera hur människor handlar vid tillfälle av brand eller andra liknande situationer, men på grund av den svårighet som ligger i detta är det svårt att få exakta avbildningar av verkligheten. En vanlig och enkel modell är att utrymningsförloppet delas in i tre olika faser, se avsnitt 6.4 nedan. Problemet med denna modell är dock att bedömningen av hur människor beter sig i förberedelsefasen är mycket svår och därför har tidigare utförda studier varit en stor del i utformandet av den.

Det finns en generell modell för människors beteendesequenser som redovisas i Figur 6-1, se nedan (Nilsson, 2015).



Figur 6-1 Generell modell för människors agerande vid brand.

Det är vanligt förekommande att personer känner osäkerhet och börjar leta efter information. I vissa fall väljer personer till en början att ignorera informationen för att sedan börja undersöka vad det är som pågår. Att människor ignorerar signaler kan bero på att de känner att de investerat tid i det de håller på med vid tillfället för larmet. Ett exempel på detta kan vara elever som sitter och examineras och som då inte känner att de vill utrymma, då det ofta kan missuppfattas som en utrymningsövning.

När tolkningsprocessen övergår i en förberedelseprocess kan personer börja ta på sig olika roller. Detta kan vara allt från att instruera andra, utforska situationen eller att dra sig tillbaka. För personer som väljer att instruera kan ett vanligt agerande vara att utrymma eller bekämpa. Personer som istället väljer att dra sig tillbaka kan välja att vänta med utrymning för att först se hur andra reagerar.

Mänskligt beteende vid brand är ett område som kräver fler studier och det finns därför inte heller några exakta modeller för hur utrymning fungerar. Det finns olika avancerade program som tagits fram för att simulera utrymningsförlopp och där det går att definiera grupper efter bland annat ålder. Problemet med dessa definitioner är att de endast varierar parametrar som gånghastigheter, vikt och storlek på människorna. Det verkliga mänskliga beteendet går därför inte att ta med i simuleringarna.

## 6.4 Modell för utrymning

Vid utrymningssimulering och vid bedömning av den totala utrymningstiden används en modell som delar upp utrymningsförloppet i tre delar, varseblivning, förberedelse och förflyttning. Summan av dessa delar utgör den totala utrymningstiden, se Ekvation 6.1. Ett av huvudsyftena med detta arbete är att undersöka huruvida säker utrymning är möjlig eller ej, vilket görs utifrån den modell för utrymning som beskrivs i detta avsnitt.

$$t_{utrymning} = t_{varseblivning} + t_{förberedelsetid} + t_{förflyttning} \quad \text{Ekvation 6.1}$$

Den första delen, vilken förflyter fram till dess att en person uppfattar att någonting inträffat som avvikande från normalt tillstånd, kallas varseblivningstid. Hur lång denna tid blir beror främst på personens möjlighet att se branden eller att höra ett utrymningslarm aktiveras.

Den andra delen utgör förberedelsetiden. Denna beskriver tiden det tar för en person att förbereda sig inför utrymning genom att exempelvis plocka ihop saker eller ta beslut om hur denne vill agera. Svårigheten med förberedelsetiden är att denna ej kan beräknas fram, istället baseras den på tidigare utrymningsstudier.

Den tredje delen, förflyttningstiden, talar om hur lång tid det tar för en person att förflytta sig från sin befintliga position till en utgång. Faktorer som påverkar denna är bland annat antalet människor i lokalen och utrymningsvägens utformning och skyltning (Brandskyddshandboken, 2014).

Resultatet, det vill säga utrymningstiden, beskriver den tid som går från det att branden startat till dess att alla utrymt. För analysen gjord på Frejaskolan ansätts varseblivningstiden till tiden det tar för det automatiska brandlarmet att aktiveras i FDS-simuleringarna, förberedelsetiden ansätts utifrån utrymningsstudier gjorda i skolmiljö och förflyttningstiden tas fram genom utrymningssimuleringar i Pathfinder.

Tidsmarginalen mellan det att kritiska förhållanden uppnås och fullständig utrymning genomförts fås genom Ekvation 6.2. Positiv marginal innebär att säker utrymning är möjlig.

$$t_{marginal} = t_{kritiska\ förhållanden} - t_{utrymning} \quad \text{Ekvation 6.2}$$

I Boverket (2006) redovisas förslag på besluts- och reaktionstider för olika verksamheter, vilka tagits fram experimentellt. För skolverksamhet där personer antas se branden, rekommenderas en förberedelsetid på en minut också använts i denna analys.

### 6.4.1 Sikten och rökens påverkan vid utrymning

Det är redan väl känt att rök och nedsatt sikt påverkar människors förmåga att utrymma. Rök kan fungera som en indikator på att det är dags att lämna byggnaden men även de toxiska ämnena påverkar människan både fysiskt och psykiskt.

Studier har visat att det är vanligt att människor utrymmer genom rökfyllda utrymmen och dessa har lett till att rekommendationer för minsta sikt satts upp.

Rekommendationerna brukar ligga på 3 – 5 meter för personer i känd miljö, och 15 – 20 meter för personer i okända miljöer (Frantzich 1994). Enligt Boverket (2014) bör sikten inte understiga fem meter för kritiska förhållanden.

Följderna av utrymning i rökfyllda utrymmen är bland annat att gånghastigheten för de utrymmande personerna minskar på grund av ovetande om vad som väntar längre fram (Frantzich 1994).

I samband med att utrymmen rökfylls minskar även belysningsnivån. Även här har studier visat på en minskad utrymningshastighet, särskilt då belysningen faller under 1 lux (Frantzich 1994).

#### **6.4.2 Fönsterutrymning**

Baserat på de brandscenarier som presenteras i kapitel 7 samt att största delen av utrymning från klassrum kommer ske på markplan är det rimligt att tro att utrymning via fönster kan bli aktuellt.

Ibland kan tillgången av dörrar i en byggnad innebära att en av utrymningsvägarna ersätts med utrymning via fönster. För att denna typ av utrymning ska få användas måste utrymningen kunna ske på ett betryggande sätt. Detta innebär bland annat att fönster som är avsedda för utrymning bör vara vridbar kring en vertikal axel eller sidohängda. Det ska också vara öppningsbara utan nyckel eller andra redskap samt vara monterade på ett avstånd från marken sådant att utrymning kan ske tryggt och enkelt (Boverket BBR21, 2014).

Enligt Boverkets föreskrift BBR21 (Boverket, 2014) rekommenderas att fönster bör ha en fri öppning med minst 0.5 meters bredd och 0.6 meters höjd. Underkanten på öppningen bör ligga maximalt 1.2 meter och om avståndet mellan golv och underkant överstiger detta bör en plattform monteras inifrån lokalen för att underlätta utrymning.

För skolor i verksamhetsklass 2A får en av utrymningsvägarna ersättas av tillgången på fönster. Här krävs det att fönstrets underkant högst får vara beläget 2.0 meter över marknivån utanför om utrymningen i övrigt kan ske på ett tillfredsställande sätt. Tillfredsställande utrymning för skolor i verksamhetsklass 2A förväntas kunna ske om varje lokal utformas för utrymning av maximalt 50 personer. Varje fönster avsett för utrymning bör räknas som utrymningsväg för maximalt 30 personer.

En studie har utförts av Frantzich (1994) där försök med fönsterutrymning testats. Studenter tilläts utrymma genom fönster som varierade i storlek och observationer över personflödet ut genom fönstret gjordes. I studien undersöktes fönster i marknivå och därför kan helt andra resultat väntas i fall med fönster på högre nivå via trappor. Resultat från studien redovisas i Tabell 6-2.

Rörelsehindrade personer kommer uppleva problem vid eventuell fönsterutrymning. Detta är ett problem som inte går att komma runt, utan dessa får istället förlita sig på andras hjälp vid utrymning. Även små barn kan ha problem med fönsterutrymning. Det måste därför finnas möjlighet för dessa att komma upp till fönstret med hjälp av t.ex. en pall så att utrymning kan ske.



Tabell 6-2 Antal personer som passerar per sekund genom fönster av varierande storlek.

Höjd på fönster [cm]	Bredd på fönster [cm]				
	50	60	70	80	90
90	0.37	0.47	0.51	0.56	0.42
80	0.28	0.33	0.40	0.47	0.47
70			0.27	0.34	0.42
60		0.17	0.20	0.24	0.34

Fönster som är anpassade som utrymningsväg bör också vara skyltade enligt detta. I övrigt kan det vara bra att ta hänsyn till faktorer som personers ålder och typ av verksamhet som bedrivs (Sisab, 2015).

Något som Frantzich (1994) påpekar är att det efter ett antal tester gick att observera att studenterna blev allt mer vana vid att ta sig ut genom fönstret vilket också gav snabbare utrymningstider. I några fall ville inte längre studenter utrymma genom mindre fönster, och därför ska inte resultaten användas i dimensioneringssyfte. Syftet är istället att undersöka fönsters funktion som utrymningsväg.

Två vanliga sätt att utrymma på observerades i studien. Det första var att studenter tog sig ut genom att först sträcka ut ett ben genom fönstret och sätta sig på karmen innan det andra benet dras ut. Den andra metoden innebar att hoppa upp på fönsterkarmen och sedan hoppa ut. Det senare alternativet visade sig var det snabbaste och var mer vanligt i större utrymningsvägar, och resultaten för dessa är markerade rött i Tabell 6-2 ovan.

Sammanfattningsvis visade studien på att fönster som orsakade problem var de med en låg höjd. Trots att dessa är i mått med de krav som ställs i olika byggnader så var dessa svåra att utrymma genom. Det visades också att bredden på fönstren inte hade samma effekt. Detta kommer sig av att även om det är svårt att utrymma genom smala fönster så behöver personer inte huka sig lika mycket som vid låga fönster. Slutligen gjordes slutsatsen att fönster bör vara minst 0.8 meter i höjd och minst 0.6 meter i bredd, vilket är något större än rekommendationerna i BBR21 (Frantzich 1994).

## 6.5 Scenarier

I följande avsnitt beskrivs möjliga brandscenarier för respektive byggnad. Dessa brandscenarier valdes efter en riskinventering av de olika byggnaderna. Riskinventering utfördes vid studiebesöket. De möjliga brandscenerierna kommer sedan värderas och tre brandscenarier väljs ut för djupare analys. När de olika brandscenerierna värderas bedöms de utifrån sannolikhet och förmodad konsekvens. Sannolikhet och konsekvens har bedömts enligt skalan 1-5 som beskrivs mer ingående nedan.

### **Konsekvensskala:**

1. Alla personer i lokalen kan utrymma i tid och branden försvårar inte utrymningen. Brandens tillväxt bedöms som långsam till medel och storleken på branden bedöms som liten till medel.
2. Alla personer i lokalen kan utrymma i tid men branden försvårar utrymning. Brandens tillväxt bedöms som långsam till medel och storleken på branden bedöms som liten till medel.
3. Alla personer i lokalen kan utrymma i tid men en utrymningsväg är blockerad. Brandens tillväxt bedöms som långsam till medel och storleken på branden bedöms som liten till medel.
4. Alla personer i lokalen kan utrymma i tid men en utrymningsväg är blockerad. Brandens tillväxt bedöms som medel till snabb och storleken på branden bedöms som medel till stor.
5. Alla personer hinner inte utrymma i tid. Brandens tillväxt bedöms som medel till snabb och storleken på branden bedöms som medel till stor.

Utgångspunkten för att bedöma konsekvensen för ett brandscenario är möjligheten till utrymning vid givet brandscenario. Möjligheten till utrymning bedöms med hänsyn till hur många människor som finns i lokalen, hur många utrymningsvägar som finns i lokalen samt om det finns en risk för brandförloppet att blockera utrymningsvägar. Hänsyn till brandens omfattning och tillväxt har också tagits i hänsyn.

För att bedöma sannolikheten att ett möjligt brandscenario uppstår används statistik från Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, MSB, se Bilaga 10. Utifrån statistiken har det undersökts hur många fall av brand som finns rapporterade för skolor i olika kategorier. Sannolikheten för respektive scenario har sedan vägs gentemot varandra.

### **Sannolikhetsskala:**

1. Mycket liten
2. Liten
3. Medel
4. Stor
5. Mycket stor

## 6.6 Tidigare incidenter

All information i detta avsnitt kommer från Joakim Karlsson<sup>3</sup>. Frejaskolan har vid tidigare tillfällen drabbats av brand. År 2009 uppstod en brand i ett klassrum i byggnad E som då totalförstördes, där också rökspridning skedde till resterande delar av byggnaden. Branden utbröt nattetid och orsaken till branden är oklar. En teori är att ett elfel ligger bakom branden.

År 2010 totalförstörs skolans paviljong efter en anlagd brand. Även denna brand utbröt nattetid. Försök att elda ner kvarvarande byggnad skedde natten efter men misslyckades. Branden anlades vid byggnadens utsida. Den aktuella paviljongen finns ej kvar idag. Båda händelser skedde natten till terminsstart.

Andra mindre incidenter har också inträffat, framförallt till följd av elevers lek med eld inne på toaletter. Vid alla incidenter har en polisanmälan upprättas.

## 6.7 Möjliga brandscenarier - Byggnad A

Nedan beskrivs och värderas de möjliga brandscenarier som kan tänkas uppstå i byggnad A. Värderingen sker enligt sannolikhets- och konsekvensskalan som beskrivs i inledningen till kapitlet.

### 6.7.1 Brand i kopieringsrum [1]

I kopieringsrummet på plan 1 i byggnad A finns två stycken datorvagnar placerade. I dessa finns det vardera 16 datorer. Efter det att datorerna har använts ansluts datorvagnarna till en timer på två timmar för uppladdning. Detta anses medföra en möjlig risk för brand. I kopieringsrummet finns dessutom en relativt stor brandbelastning, se Figur 6-2.



Figur 6-2 Datorvagnar som finns stationerade i kopieringsrummet på nedre plan i byggnad A. Bild: Sofia Majtorp.

<sup>3</sup> Joakim Karlsson, vaktmästare Frejaskolan, Gnesta. Studiebesök den 12 februari 2015.

Bärbara datorer har genom åren orsakat många bränder i Sverige och anses därför utgöra en brandrisk. Enligt statistik från MSB startade cirka 0,24 % av Sveriges skolbränder under åren 1998-2013 i en dator. Enligt Andersson (2011) är det litiumbatterierna i bärbara datorer som utgör en möjlig brandrisk då dessa riskerar att överhettas datorerna samt kan leda till att datorer exploderar. Detta orsakar ett mycket snabbt och kraftfullt brandförlopp.

Datorvagnarna är byggda i metall och är inte placerade i direkt anslutning till något lättantändligt. Detta innebär att någon vidare spridning av branden inte är trolig. Dessutom får bara lärare vistas i kopieringsrummet och branden kommer bara försvåra utrymning i en av fyra utrymningsvägar i byggnad A.

- Sannolikhet: 2
- Konsekvens: 2

### 6.7.2 Brand i datorhörna [2]

I biblioteket i byggnad A finns en datorhörna med ett tiotal datorer som används dagligen, se Figur 6-3.



Figur 6-3 Till vänster: Datorhörnan i biblioteket. Till höger: Biblioteket. Bild: Sofia Majtorp.

Till skillnad från bärbara datorer har stationära datorer inget litiumbatteri. Stationära datorer har dessutom bättre kylsystem än bärbara datorer. I biblioteket vistas inte mer än 25 personer och det finns två stycken av varandra oberoende utrymningsvägar tillgängliga. Detta innebär att branden kommer upptäckas tidigt. På grund av detta bedöms scenariot enligt nedan.

- Sannolikhet: 1
- Konsekvens: 1

### 6.7.3 Brand i serverhall [3]

Källaren i byggnad A inrymmer en serverhall i vilken alla skolans servrar förvaras. Utanför serverrummet finns en källarkorridor i vilken en tung förvaringsmöbel står och försvårar passage genom korridoren. Även ett utskjutande hisschakt försvårar utrymning genom att blockera delar av korridoren, se Figur 6-4.



Figur 6-4 Till vänster: Serverhallen. Till höger: Bilden visar källarkorridoren. Dörren på bilden leder inte in till serverhallen. Bild: Sofia Majtorp.

Servrarna i serverhallen kan bli överhettade och orsaka en brand (Grundelius, 2013). Brand i datorcentral ligger bakom cirka 0,24 % av alla skolbränder i Sverige och sannolikheten att en brand uppstår i serverhallen bedöms som låg. Om en brand uppstår finns en hög brandbelastning i serverhallen och en stor risk att branden sprider sig ut i korridoren där det fanns en tillfällig förvaring av papper finns.

En brand som sprider sig ut till korridoren hindrar eventuella personer i intilliggande klassrum att utrymma via entrén i byggnad A. Istället skulle personerna behöva utrymma genom fönster i klassrummet, men eftersom dessa är bristfälliga enligt Kapitel 6.1 *Brister i befintligt brandskydd* kommer konsekvensen för en brand i serverhallen bli stor för personerna som befinner sig i detta klassrum. En brand i serverhallen kommer däremot inte påverka utrymningen för övriga av personerna i byggnaden.

- Sannolikhet: 2
- Konsekvens: 5

## 6.8 Möjliga brandscenarier - Byggnad C

Nedan beskrivs och värderas de möjliga brandscenarier som kan tänkas uppstå i byggnad C. Värderingen sker enligt sannolikhets- och konsekvensskalan som beskrivs i inledningen till kapitlet.

### 6.8.1 Brand i glasatrium [4]

I byggnaden inryms ett öppet uppehållsrum i form av ett glasatrium där elever ges möjlighet att studera eller befinna sig under raster. Utrymmet är helt öppet till korridoren och är främst möblerat med sittplatser i form av bord och bänkar. Sannolikheten för brand i glasatriet sätts till stor, nivå 4. Att denna bedömning görs beror främst på att sannolikheten för anlagda bränder anses vara störst i utrymmen där elever kan vistas utan tillsyn.

De brister som upptäcktes vid studiebesöket är också av betydelse för sannolikhetsbedömningen. Julbelysning hängde kvar och var kopplad med flera skarvsladdar istället för att ha en enda sammanhängande elinstallation.



Figur 6-5 Till vänster: Glasatriet. Bild: Sofia Majtorp. Till höger: Eluttagen i atriet har utsatts för mycket slitage och smuts. Bild: Nerma Hajic.

Enligt Brandskyddsföreningen (2015) är el-relaterade bränder en av de vanligaste brandorsakerna i Sverige. Några orsaker som ligger bakom dessa är bland annat isolationsfel där isolationen i elapparater förstörs genom fukt, vatten och liknande. En brist som uppmärksammades i utrymmet visas i Figur 6-5, där mycket damm och slitage påvisas vid eluttagen i golvet. Andra tänkbara orsaker är överbelastning eller glappkontakt i anslutningarna mellan de olika skarvsladdarna.

En brandorsaksutredning utförd av Sydöstra Skånes Räddningstjänstförbund (Dnr: 2010-000632/173:2) över en matbutik i centrala Ystad visar att den primära brandhärden var lokaliserad till den första skarvsladden, dock gick brandorsaken inte att fastställa. Branden hade ”från skarvsladdens koppling antänt både den, sladden uppåt och den veckade pappreklamen som går runt frysdiskens”. Utifrån denna information har därför sannolikheten satts till stor.

Konsekvensen av scenariot är svårare att bedöma. Tillgången på utrymningsvägar och nödutgångar anses i detta fall vara tillfredställande då det vid eventuell brand inte anses ske en betydande brandspridning eller ett snabbt brandförlopp.

Att detta antagande görs beror på att det vid besöket inte observerades några lättantändliga föremål i närheten. Utrymmet innefattade många växter, dock anses inte dessa vara tillräckligt lättantändliga för att antändas och sprida branden. Ett antal sittedynor gick att observera, men inte heller dessa anses vara av någon risk för antändning då materialet främst var av gummi. Vid eventuell brand anses inte utrymning vara något problem och konsekvensen ansätts till nivå 1.

- Sannolikhet: 4
- Konsekvens: 1

### 6.8.2 Brand i hemkunskapssal [5]

Byggnad C inrymmer två lokaler för undervisning i hemkunskap. Dessa är sammankopplade med varandra via ett mindre utrymme som fungerar som kontor för hemkunskapspersonalen. En av undervisningssalarna angränsar till ett rum som inhyser torkskåp, torktumlare och tvättmaskin, se Figur 6-6. Vidare har båda salar utrymningsvägar ut i angränsande korridor och utrymning via fönster är möjlig.

Enligt statistik från Myndigheten för samhällsskydd och beredskap börjar många skolbränder i glömda spisar, vilket innebär att det finns en risk för att en brand i en av hemkunskapssalarna är möjlig. Vid studiebesöket observerades även att personal placerat material ovanpå torkskåpet vilket kan leda till överhettning av skåpet men också antändning av materialet. Baserat på denna information sätts sannolikheten till nivå 4 för brand i dessa utrymmen.



Figur 6-6 Till vänster: Hemkunskapssalen. Till höger: Tvätt och förråd i anslutning till hemkunskapen. Bild: Sofia Majtorp.

Konsekvensen av scenariot anses vara av nivå 3 vilket beror på ett antal olika faktorer. Först och främst ingår undervisningssalarna i en av byggnadens fyra brandceller. Det finns med andra ord ingen uppdelning av de två lokalerna till olika brandceller. Lokalerna är också utrustade med värmedetektorer då det finns en förhöjd risk för falsklarm vid matlagning vid installation av rökdetektorer. I korridorerna som är i anslutning till hemkunskapssalarna finns rökdetektorer installerade, vilket kan öka chansen för upptäckt av brand i de fall rökspridning ut till dessa utrymmen skulle ske.

Ytterligare en anledning till varför konsekvensen antas vara av nivå 3 är förrådets utformning. Dessa har dörrar som leder ut till angränsande korridor, dock fungerar de inte rent utrymningsmässigt. Detta eftersom att de var fulla med diverse utrustning vilket förhindrar personer från att ta sig igenom dessa. En annan aspekt är möjligheten till utrymning via fönster. Vid studiebesöket tycktes dessa vara belägna en bit över marknivå vilket skulle innebära att utrymmande personer kan behöva hoppa från en höjd på över två meter under förutsättning att hjälp från räddningstjänsten saknas.

- Sannolikhet: 4
- Konsekvens: 3

### 6.8.3 Brand i förråd vid träslöjdsal [6]

I förrådet vid träslöjden i byggnad C finns ett spånsugsaggregat och i samma förråd förvaras även elevers träslöjdsarbeten. Vid tillfälle för studiebesöket upptäcktes också pappersäckar fyllda med sågspån i förrådet, se Figur 6-7.



Figur 6-7 Till vänster: Ett antal spånsäckar förvarades i anslutning till spånsugan. Till höger: I förrådet vid träslöjden förvaras även elevarbeten. Bild: Sofia Majtorp.

Brand som startar i spånsugsaggregat är något som har hänt vid flertalet skolor bland annat i Norrköping (Edström et al, 2013) och Kristianstad (Erlandsson, 2002). Dessutom uppstår ungefär 4 % av alla skolbränder i elinstallationer enligt Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, se Bilaga 10.

Vid brand i förrådet kan konsekvensen bli stor med tanke på den höga brandbelastningen. Både en snabb tillväxt och en mycket hög effektutveckling förväntas. Dessutom är det inte ofta personer befinner sig i detta förråd och det finns inte heller någon branddetektor i detta utrymme. Detta innebär att röken från branden i förrådet kan sprida sig till korridoren utanför utrymmet innan branden hinner upptäckas. Skulle detta ske kan det uppstå en situation där branden blir för stor för att släcka med handsläckare.



Ett kraftfullt brandförlopp kan sprida sig till närliggande utrymmen vilket utsätter personer i fysik- eller träslöjdsalen för svårigheter vid utrymning.

- Sannolikhet: 3
- Konsekvens: 5

#### 6.8.4 Brand på toalett [7]

Enligt statistik från MSB är ungefär hälften av alla skolbränder anlagda med uppsåt. Av de skolbränder där räddningstjänsten har varit tvungna att rycka ut representeras många av bränder där startutrymmet har varit toaletter. Utifrån av denna information anses sannolikheten för anlagd brand på en av toaletterna i byggnad C vara hög, särskilt då det här finns en verksamhet med högstadieelever som anses vara en riskgrupp (Andersson et al., 2010).



Figur 6-8 Figuren visar hur toaletterna ser ut i byggnad C. Bild: Sofia Majtorp.

Konsekvensen som skulle följa av en brand på toalett i uppehållsrummet är att utrymningsvägen skulle bli blockerad. I detta scenario har en toalett i anslutning till ett entréutrymme i byggnad C valts, se Figur 6-8, då en eventuell brand där skulle blockera en stor entré och därför också ha stor inverkan på utrymningsförloppet. Om en papperskorg i en toalett antänds kommer brandförloppet vara snabbt med tanke på det material som antänds. Brandens omfattning bedöms dock vara liten då det inte finns något annat brännbart på toaletterna.

- Sannolikhet: 5
- Konsekvens: 3

### 6.8.5 Brand i skåp [8]

Då det i byggnad C bedrivs skolverksamhet för årskurs 6-9 är elevskåp en stor del av inredningen i korridorerna. I varje skåp gick det att observera eluttag med syfte att eleverna ska ha tillgång till att ladda bärbara datorer och mobiltelefoner vid behov, se Figur 6-9. Enligt fastighetsägaren var dock detta något som inte satts i bruk ännu, men i framtiden kan detta bli en möjlighet. Detta var något som fastighetsägaren uttryckte oro för då det speciellt vintertid skulle kunna innebära en brandrisk med bland annat vinterjackor och skolmaterial i skåpen.



*Figur 6-9 I skåpen finns eluttag monterade på undersidan av hyllplanet i varje skåp. Bild: Sofia Majtorp.*

Om dessa eluttag sätts i bruk kommer elever använda uttagen till att ladda mobiler och annan elektronik. Det innebär givetvis en brandrisk då elfel kan uppstå. Ungefär 10 % av alla skolbränder beror på tekniskt fel. Av alla tekniska fel är en viss procent elfel.

Om en brand uppstår i ett skåp vid Studieyta 1 (se Figur 2-11) kommer utrymning via huvudentrén för personer i nära anslutning till branden vara omöjligt. Brandförloppet i skåpet är svårt att förutse, vilket beror på att skåpens innehåll inte är helt känt. Skåpen är av metall och en brand i dessa kommer aldrig bli tillräckligt omfattande för branden att sprida sig vidare.

- Sannolikhet: 3
- Konsekvens: 3

### 6.8.6 Brand i pentry vid luftgevärskyttet [9]

Källarplanet i byggnad C inrymmer en korridor där det finns olika lokaler för diverse fritidsaktiviteter. Längst in i denna korridor finns ett pentry som främst används för förberedelse och servering av fika. Utrymmet är väldigt litet, och vid tillfälle för besöket upplevdes det som väldigt oordnat och en mängd hushållsavfall gick att observera, se Figur 6-10. Utrymmet var utrustat med bland annat vattenkokare, kaffebryggare och spis, utan någon tillgång till timer. Inte heller någon rökdetektor observerades. Med hänsyn till denna information anses sannolikheten för brand att vara av nivå 4.



Figur 6-10 Bilderna visar pentryt i källaren. Bild: Sofia Majtorp.

Konsekvenserna för sceneriet anses vara av nivå 3. Vid besöket fanns ett större bord med sittplatser precis utanför pentryt. Från korridoren finns två oberoende utrymningsvägar, den ena leder in till en egen brandcell som i sin tur leder ut till det fria, se Figur 2-16. Den andra utrymningsvägen, placerad precis utanför pentryt, ska leda upp till det inglasade utrymmet via annan lokal. Ett problem som observerades var dock att denna utrymningsväg var låst. Enligt uppgifter ska denna låsas upp vid pågående aktivitet i källaren, men hur eller om detta verkligen genomförs är inte helt klart.

Med tanke på de mängder hushållsavfall som fanns i utrymmet kan ett eventuellt brandförlopp tänkas vara snabbt. Vid händelse av brand kommer en utrymningsväg att blockeras; den som är placerad direkt till vänster utanför pentryt.

- Sannolikhet: 4
- Konsekvens: 3

## 6.9 Möjliga brandscenarier - Byggnad E

Nedan beskrivs och värderas de möjliga brandscenarier som kan tänkas uppstå i byggnad E. Värderingen sker enligt sannolikhets- och konsekvensskalan som beskrivs i inledningen till kapitlet.

### 6.9.1 Brand i kapprum [10]

I byggnad E finns fyra stora kapprum där merparten av eleverna hänger av sig ytterkläder och väskor. Det fanns även kläder i de korridorerna vilka var anslutna till kapprummen.

Kapprummen är utplacerade i byggnadens hörn. Tre av kapprummen har två utrymningsvägar var, och kapprummet som gränsar till byggnad A har tre utrymningsvägar. Vid besök observerades att det fanns en stor mängd kläder, väskor och diverse annan utrustning som kan tänkas antändas. I kapprummen finns också toaletter och torkskåp.



Figur 6-11 Bilden visar det aktuella kapprummet. Bild: Sofia Majtorp.

Brandriskerna är med största sannolikhet brand i torkskåp, lek med eld eller anlagd brand. Vid tillfälle för besöket fanns mycket material i torkskåpen och det kan antas att mängden ökar vid sämre väder. Anlagd brand bedöms vara en brandrisk med hänsyn till statistik från MSB och med tanke på att en anlagd brand snabbt kan spridas och antända omgivande material.

Kapprum E2 anses vara det utrymme där konsekvenserna skulle bli störst, se Figur 6-11. En brand här skulle både kunna växa och sprida sig snabbt. Minst två utrymningsvägar för flera klassrum skulle blockeras och personer från närmaste klassrum skulle behöva utrymma genom fönster. Då byggnad E huserar de lägre årskurserna anses risken för anlagd brand något mindre men då det är öppet utifrån och från andra delar av skolan sätts risken till en hög nivå.

- Sannolikhet: 4
- Konsekvens: 4

### 6.9.2 Brand på toalett [11]

Enligt statistik från MSB är ungefär hälften av alla skolbränder anlagda med uppsåt. Av de skolbränder där räddningstjänsten har varit tvungna att rycka ut representeras många av bränder där startutrymmet varit toaletter. Utifrån denna information anses sannolikheten för anlagd brand på en av toaletterna i byggnad E vara hög. Eleverna i byggnad E bedöms dock vara mindre benägna att anlägga bränder på grund av deras låga ålder.



*Figur 6-12 Bilden visar den aktuella toaletten. Bild: Sofia Majtorp.*

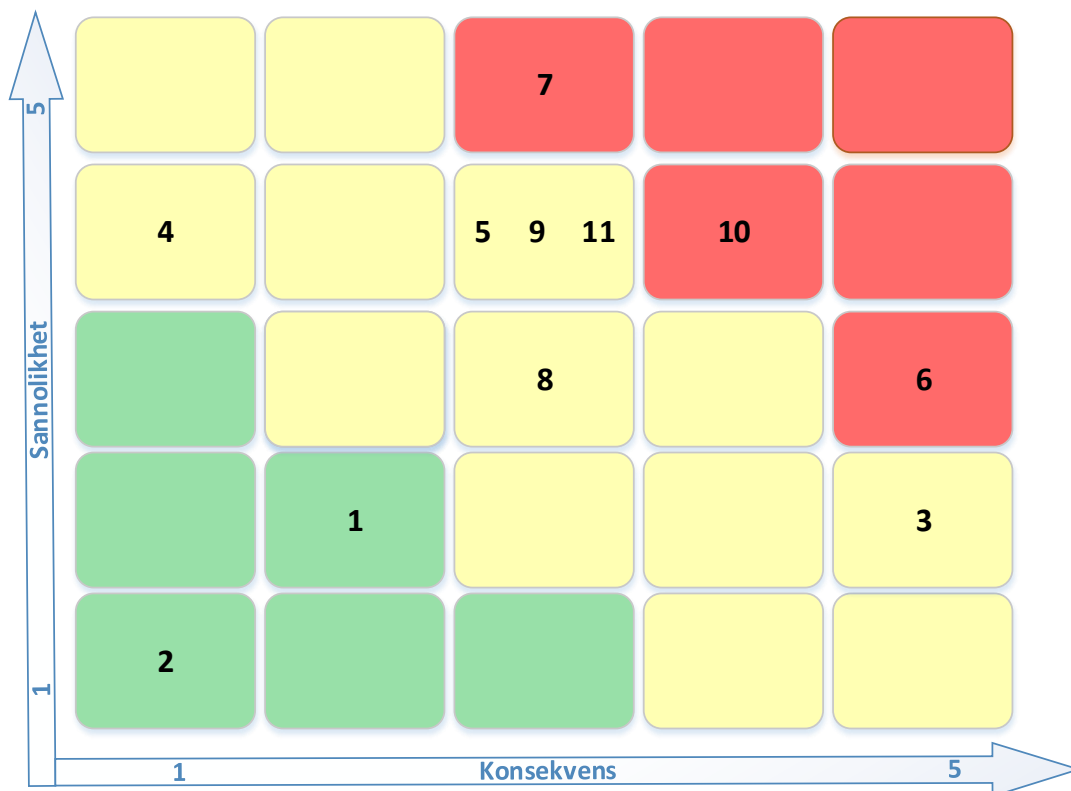
Konsekvensen som skulle följa med en brand på en toalett i kapprummet är att en utrymningsväg skulle bli blockerad. Om en papperskorg inne på en toalett antänds kommer brandförloppet vara snabbt med tanke på det material som antänds. Brandens omfattning bedöms dock vara liten då det inte finns något annat brännbart på toaletterna.

- Sannolikhet: 4
- Konsekvens: 3

## 6.10 Riskmatris över brandscenarier

De olika brandscenarierna i grovanalysen åskådliggörs i en riskmatris, se Figur 6-13. Riskmatrisen sammanväger sannolikhet och konsekvens och visar vilka brandscenarier som har den högsta sammanvägda risken.

Matrisen påvisar att en större risk återfinns i brandscenario 6,7 och 10. Detta innebär att brandscenarierna brand i förråd vid träslöjdsal, brand på toalett och brand i kapprum utvärderas för djupare analys. I riskmatrisen har färgerna rött och grönt blivit tilldelade lika många rutor, och resterande är gula. Det gröna området motsvarar låg risk. Det gula området motsvarar förhöjd risk och det röda en ytterligare högre risk.



Figur 6-13 Riskmatris som sammanväger sannolikheten och konsekvensen för de olika brandscenarierna. Bild: Nerma Hajic.

## 7 Scenario 6 – Brand i förråd vid träslöjdsal

Brandscenariot ”Brand i förråd vid träslöjdsal” kommer här att beskrivas. Först sker en lokalbeskrivning följt av en redogörelse av utrymningsvägar och brännbart material. Därefter redovisas en HRR-kurva för det aktuella scenariot.

### 7.1 Lokalbeskrivning

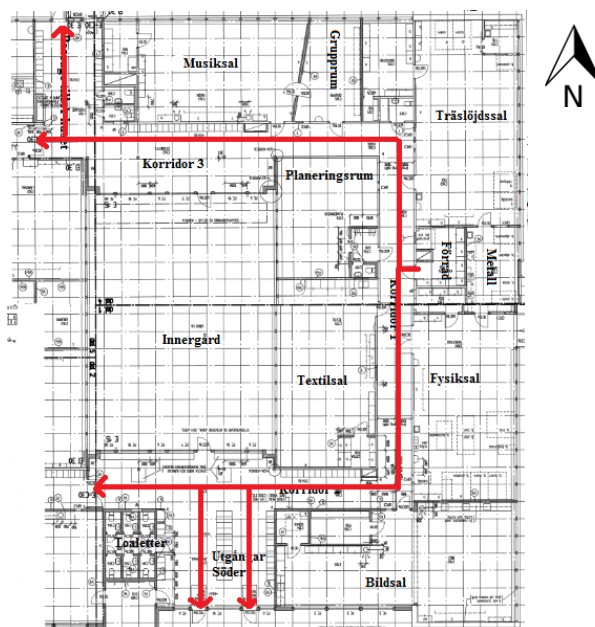
Spånsugen ligger i ett förrådsrum i östra delen av byggnad C, se figur 7-1. Takhöjden i rummet är 2,3 meter, väggarna består av betong med ytskikt och golvet är beklätt med en linoleummatta. I förrådet finns skåp där elevers träslöjdsarbeten förvaras. Förrådet öppnas mot korridoren och gränsar till tre andra rum. Det finns ingen rökdetektor i rummet utan närmsta detektor finns i korridor 1 utanför.



Figur 7-1 Översiktsbild över förrådet vid träslöjdsalen. Det rödmarkerade området i vänster bild visar placeringen av förrådet. Det röda området i bilden till höger visar i vilken del av C-byggnaden förrådet är placerat.

## 7.2 Utrymningsvägar

Från förrådet med spånsugen finns enbart en dörr som leder ut i korridoren. Ut ur brandcellen finns fyra utrymningsvägar. Två är belägna mot närliggande brandcell i byggnad C, en mot övergången till byggnad A och en ut till det fria, se Figur 7-2. Kraftig brand och rökutveckling kan påverka utrymningsmöjligheterna från andra lokaler i byggnadsdelen.



Figur 7-2 Ritningen visar möjliga utrymningsvägar i byggnad C i anslutning till träslöjdsförrådet med spånsugen. Bild: Oscar Alvarsson.

## 7.3 Brännbart material

Vid tillfälle för besöket fanns tre säckar med träspån framför spånsugen och en fjärde i maskinen. Två av väggarna i rummet döljs av träskåp. I dessa skåp förvaras träslöjdsarbeten. Innehållet i skåpen varierar kraftigt men kommer att ses som ett homogent föremål för att underlätta beräkningen av effektkurvan. Detta bidrar till att brandbelastningen i rummet anses vara stor.

## 7.4 Brandförlopp

En brand antas starta i spånsugen på grund av elfel alternativt upphettning till följd av ett av tekniskt fel. Det finns mycket spån och damm i rummet och de fulla spånsäckarna står öppna så att branden snabbt kan ta sig och därefter sprida sig vidare. Det är även väldigt små avstånd från spånsugen till omgivande väggar, därför görs antagandet att allt brännbart material i rummet kommer att antända vid händelse av brand.

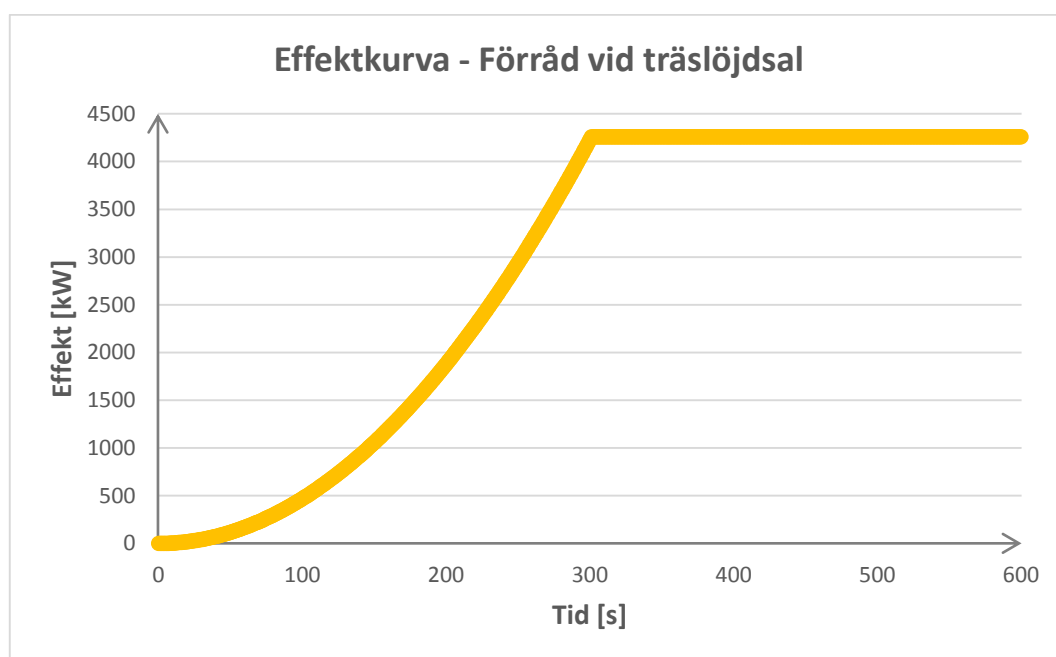
Rummet är litet och om dörren är stängd kommer tillväxten begränsas kraftigt. Även då dörren är öppen kommer branden bli ventilationskontrollerad, dock kommer tillväxten bli större. Vid besöket var dörren både öppen och stängd vid olika tillfällen. I detta scenario kommer dörren stå öppen för att få största möjliga effekt. Maxeffekten kommer att bero på den mängd syre som kommer in i rummet.



Då utrymning från närliggande klassrum främst kommer ske genom korridoren som ligger i direkt kontakt med brandrummet, kommer rökspridning och en värmeökning i korridoren att utgöra det största hindret för utrymning i detta scenario.

## 7.5 Effektkurva

Effektkurvan är framtagen med en snabb tillväxthastighet och maxeffekten är framtagen med hjälp av handberäkningar, se Bilaga 1 för beräkningar av denna. I Figur 7-3 redovisas effektkurvan. På grund av den stora mängden brännbart material i rummet och det faktum att branden är ventilationskontrollerad antas det att branden inte avtar i effekt under det tidsspann som utrymning kommer att ske.



Figur 7-3 Effektkurva över brandförloppet i förrådet vid träslöjdsalen.

## 7.6 Simulering av brandförlopp

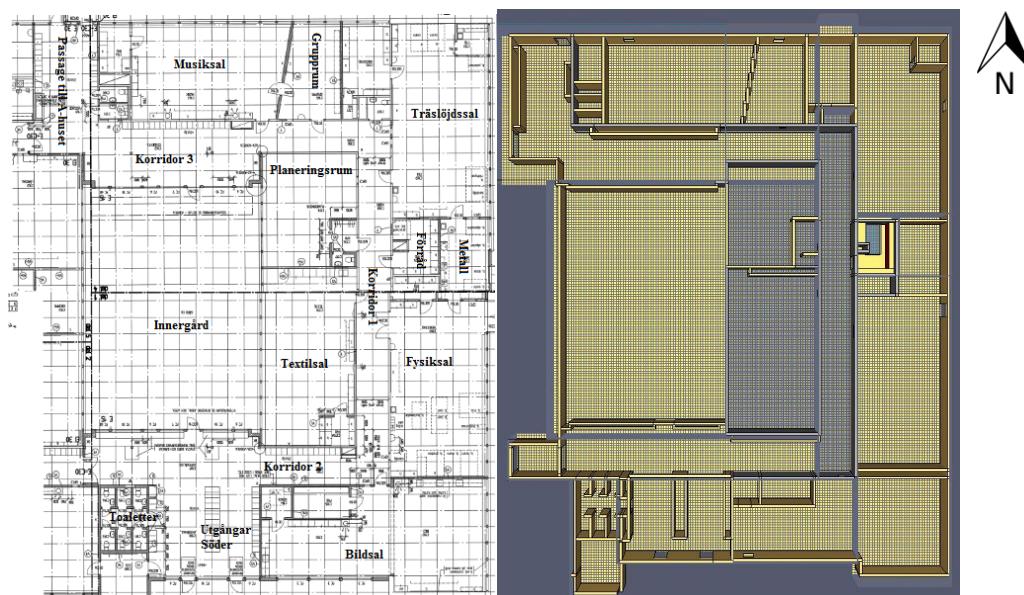
Simuleringen byggs upp i PyroSim och körs sedan i programmet FDS. I Figur 7-4 visas en ritning över den aktuella brandcellen vilken simuleringarna i PyroSim baseras på. Branden skapas med hjälp av den framtagna effektkurvan och värden på mängden CO och sot som bildas i förhållande till mängden bränsle för trä ansätts. Detta då majoriteten av branden har träskåpen och dess innehåll som bränsle. Effekten som ges av branden fördelas över 6 m<sup>2</sup> på de ytor som är täckta av skåp, träskivor eller spånsugen.

Beräkningsnätet som täcker brandrummet, korridoren utanför och ett närliggande klassrum ges en cellstorlek på 0.1 meter. Detta för att få mer detaljerade resultat då dessa platser identifierats som särskilt viktiga. Att bara ett av de fyra närliggande klassrummen får en finare cellstorlek är för att hålla ner simuleringstiden. I resterande delar placeras beräkningsnät med en cellstorlek på 0.2 meter.

De södra utrymningsdörrarna och passagen till byggnad A kommer vara öppna under hela brandförloppet. Dörren till förrådet med spånsugen kommer stå öppen under hela brandförloppet. Dörren kommer hållas öppen som en del av värsta troliga scenario.

I simuleringen placeras två rökdetektorer i korridoren utanför brandrummet. När en av dessa två rökdetektorer har utlöst kommer en förberedelsetid på en minut ansättas. Detta innebär att då förberedelse- och varseblivningstiden passerat, öppnas dörrarna till musik-, fysik-, textil-, träslöjds-, och bildsalen samt planeringsrummet. Efter att dessa dörrar öppnats kommer de inte stängas, då det inte är otroligt att en utrymnande person stänger dörren efter sig. Dessa dörrar är inte utrustade med dörrstängare. Dessutom kommer inget fönster att öppnas i klassrummen under brandförloppet då elever och lärare antas vara omedvetna om möjligheten till fönsterutrymning. Det finns också en risk att fönster inte går att öppna, då fönstrena i detta klassrum inte kontrollerades under studiebesöket. Detta bedöms vara det värsta troliga fallet.

För validering av brandens uppbyggnad i FDS se Bilaga 11.



Figur 7-4 Överblicksbild av den aktuella brandcellen i byggnad C. Bild: Johannes Corbee.

## 7.7 Utrymningsförlopp

I denna sektion beskrivs de beräkningar som har gjorts för utrymningsförloppet. Beräkningar har utförts både i form av simuleringar i Pathfinder och som handberäkningar, där de båda metoderna gett olika utrymningstider.

### 7.7.1 Förutsättningar för utrymning

Vid simuleringar gjorda i Pathfinder har det antagits att det finns 25 elever tillsammans med en lärare i respektive lärosal. Dessa är sedan fördelade mellan de olika rummen i anslutning till lärosalen, t.ex. studierum och verkstäder. Antalet personer i byggnaden baseras på observationer vid studiebesöket på Frejaskolan, skolans verksamhet samt dess totala elevantal i den aktuella byggnaden. I planeringsrummet antas fem personer befinna sig, en person vid studievägledningen samt några på toaletterna.

Enligt rekommendationer från Boverket (2006) är gånghastigheten vid hög persontäthet 0,6 m/s. Då åldern på eleverna i byggnad C varierar mellan 12 - 15 år kan dessa anses ha samma fysiska rörlighet som vuxna, och därför också en gånghastighet på 0,6 m/s vilket motsvarar en gånghastighet i tät kö. För en brand som utbryter i förrådet vid träslöjdsalen har fyra utrymningsscenarier identifierats. Dessa beskrivs mer ingående nedan. I utrymnings-simuleringar har SFPE:s modell för utrymningar används. Detta då Olsson (2013) kommit fram till att SFPE-modellen bättre stämmer överens med verkliga försök vid utrymning genom dörrar då merparten av utrymningstiden kommer att gå åt till att passera utrymningsdörrar.

Fönsterutrymning kommer ske i de två utrymningsscenariona. Fönsterutrymning i Pathfinder kommer simuleras genom att en dörr skapas i varje klassrum där fönsterutrymning kommer ske. Flödet genom denna dörr sätts sedan till 0.56 person/sekund enligt Frantzich (1994) för att efterlikna fönsterutrymning. Vid brand i förrådet vid träslöjdsalen kommer personerna i de olika klassrummen att försöka utrymma via korridoren utanför. Detta kommer inte att gå utan personerna måste vända tillbaka in i respektive klassrum och utrymma via fönster. Tiden det tar för personerna i respektive klassrum att ta sig från dörren ut till korridoren, tillbaka in i klassrummet och öppna fönstret, kommer kallas för  $t_{\text{omställning}}$ . Tiden för omställningen antas vara en halv minut då detta anses vara en rimlig tid att gå till ett fönster och få upp detta. Dock är en halv minut en mycket grov uppskattning och studier på detta saknas.

Vid studiebesöket observerades att en dörr fanns belägen i träslöjdsalen som leder till fysiksalen där det sedan går att utrymma via annan dörr. Denna var inte märkt som utrymningsväg och därför har denna heller inte använts vid grundsimuleringen. Som en känslighetsanalys utförs därför en simulering där denna dörr är tillgänglig för utrymning.

### **7.7.2 Simulering av utrymningsförlopp**

Simuleringar över tänkbara utrymningsförlopp redovisas i detta avsnitt.

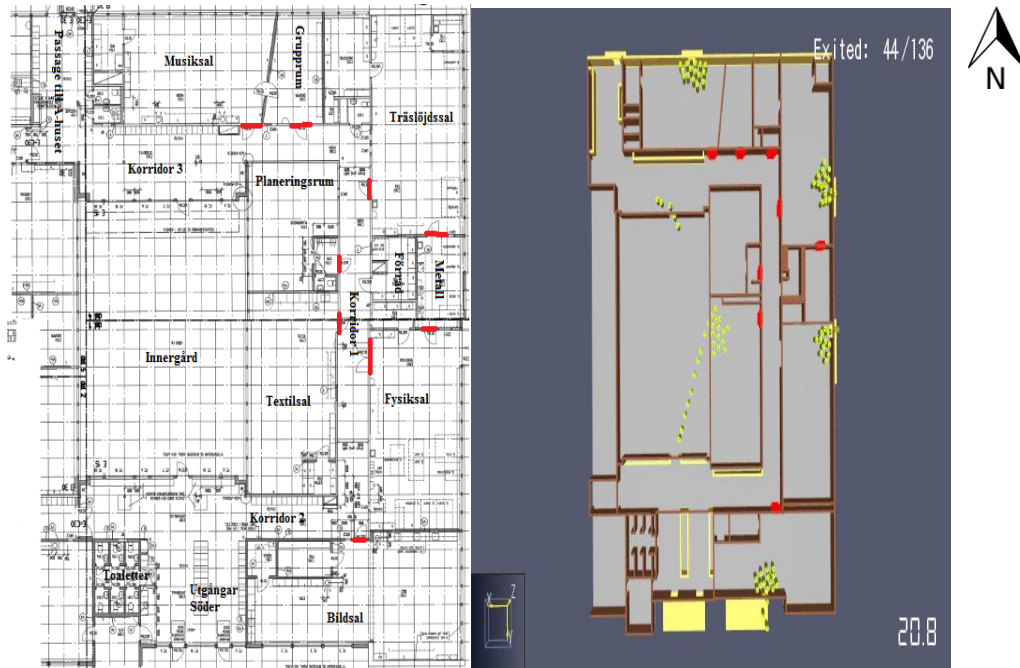
#### ***Simulering 1 – Utrymning genom korridor***

I simulering 1 kommer samtliga personer i byggnaden att undvika utrymning via korridoren. Personer i planeringsrummet och i textilslöjdsalen kommer att utrymma mot innergården genom fönster. Personerna i bild- och träslöjdsalen kommer utrymma via fönster ut i det fria. Personerna i fysiksalen kommer utrymma via dörren som finns i salen och ut i det fria. I de rum där utrymningsfönster inte finns antas att ett vanligt fönster öppnas eller krossas. Figur 7-5 visar vilka dörrar som är öppna respektive stängda.

Eleverna i textilsalen och planeringsrummet måste ta sig igenom innergården och ta sig in i Korridor 2 respektive Korridor 3 för att utrymma. När de väl är framme i någon av korridorerna finns en risk att kritiska förhållanden uppstått här. Därför kommer också utrymningstiden för när eleverna är framme vid korridorerna redovisas.

Fönsterutrymning i Pathfinder kommer simuleras genom att en dörr skapas i varje klassrum där fönsterutrymning kommer ske. Flödet sätts till 0.56 person/sekund genom dessa dörrar enligt Frantzich (1994) för att efterlikna fönsterutrymning.

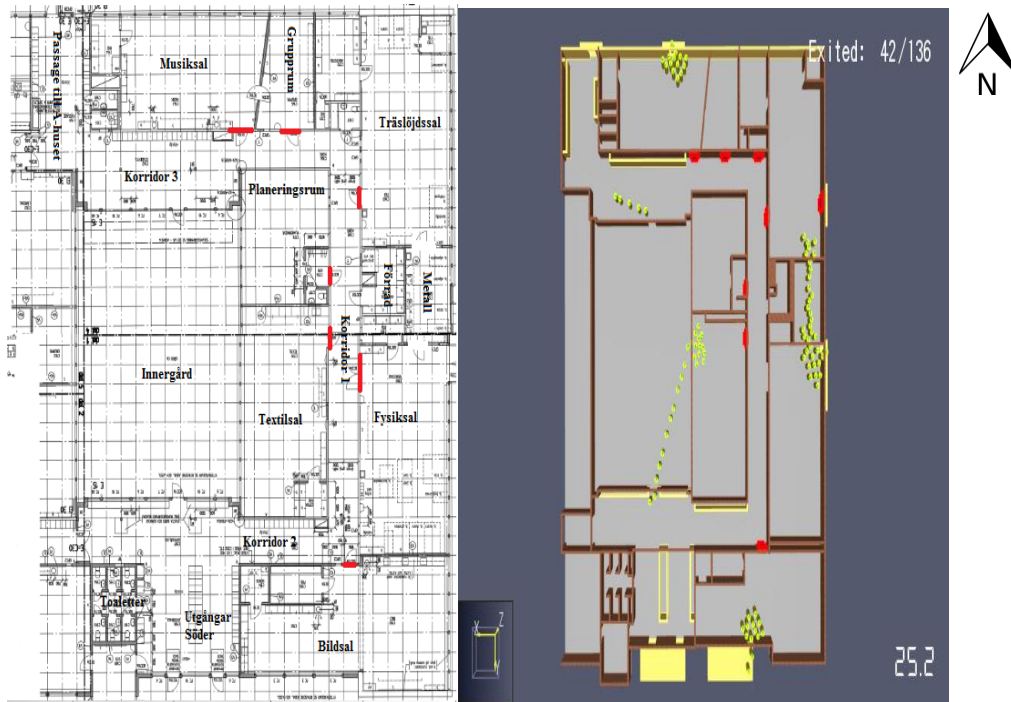
Strax efter fönstret kommer en liten passage skapas till utrymningsdörren i Pathfinder. Detta för att Pathfinder inte tar hänsyn till tiden det tar att passera den sista utrymningsdörren. Med andra ord skulle inte tiden det ta att passera fönstret tas med i utrymningstiden om inte dessa passager skapats.



Figur 7-5 De rödmarkerade dörrarna är blockerade. Bild: Sofia Majtorp/Oscar Alvarsson.

### **Simulering 2 – Öppna dörrar mellan träslöjdsal och fysiksal**

Vid simulering 2 kommer samma förhållande råda som i simulering 1. Skillnaden är att dörrarna mellan fysik- och träslöjdsalen är öppna. Det innebär att eleverna i träslöjdsalen också kan använda dörren i fysiksalen. Dörren här kommer alltså att räknas som en utrymningsdörr med tillfredställande vägledande skyltar. Eleverna kommer utrymma direkt mot denna utgång istället för att först gå ut mot korridoren, med vilket det följer en snabbare utrymning. Figur 7-6 visar vilka dörrar som är öppna respektive stängda.



Figur 7-6 Ritning över stängda dörrar vid simulering 2. Bild: Sofia Majtorp/Oscar Alvarsson.

### 7.7.3 Handberäkningar

För samtliga scenarier har handberäkningar genomförts för att en jämförelse ska kunna göras med de simulerade resultaten. För handberäkningar av respektive scenario, se Bilaga 7.

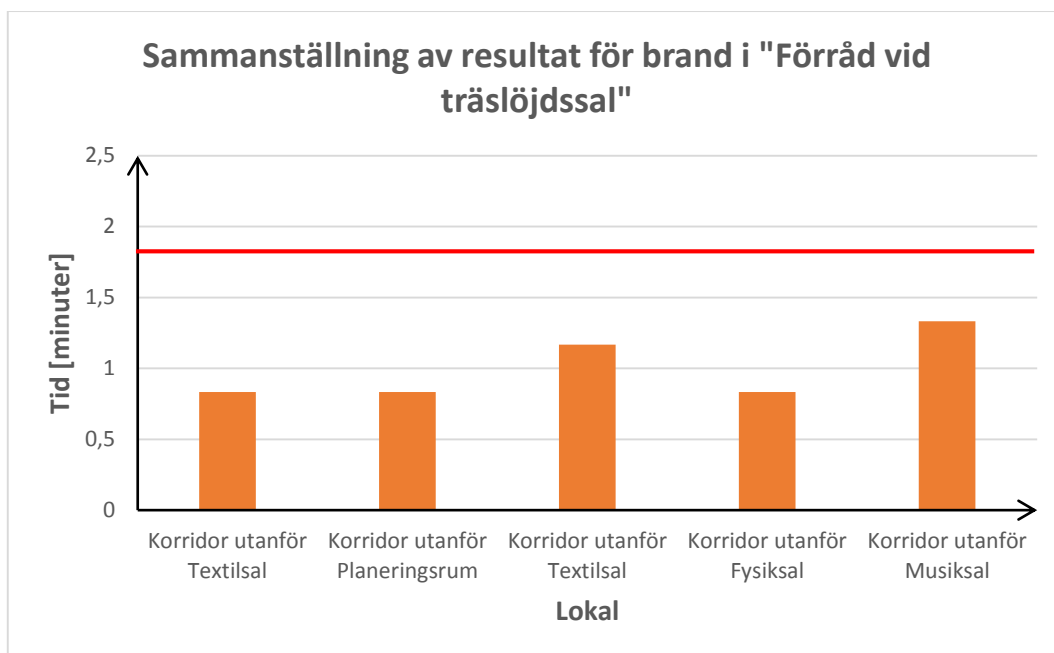
### 7.7.4 Resultat över utrymningsförlopp

För redovisning av resultat för de olika utrymningsförloppen, se avsnitt B4.2 i Bilaga 4.

## 7.8 Sammanställning av resultat

Den troligaste utrymningssimuleringen är simulering 1. Detta för att det inte är särskilt troligt att eleverna utrymmer via korridor 1 där kritiska förhållande råder utanför varje klassrum, som Figur 7-7 visar. Det finns dessutom risk att eleverna i träslöjdsalen inte är medvetna om att dörren i fysiksalen existerar då denna inte är markerad som utrymningsväg. Därför bedöms simulering 1 vara det värsta troliga fallet. Utrymningstiden för simulering 1 varierar beroende på om den har beräknats genom handberäkningar eller Pathfinder. Vid beräkning av tillgänglig utrymningstid för personer i brandcellen kommer tiden från Pathfinder att användas. Detta för att SFPE-modellen bättre stämmer överens med verkliga försök vid utrymning genom dörrar enligt Olsson (2013), vilken används vid simuleringarna.

Kritiska förhållande redovisas i Figur 7-7. Den röda linjen i figuren markerar den tid det tar för personerna i klassrummen att påbörja utrymning via korridoren, d.v.s. tiden för varseblivning- och förberedelsestiden som är strax under två minuter. De gula staplarna visar när kritiska förhållande råder utanför respektive klassrum. Resultatet innebär att kritiska förhållande uppnås utanför alla klassrummen innan utrymning via korridoren påbörjas. Detta medför att personerna i klassrummen måste utrymma via fönster.



Figur 7-7 Sammanställning av tider för kritiska förhållanden för scenariot "Brand i förråd vid träslöjdsal". Den röda linjen markerar den tid det tar för personer att påbörja utrymning via korridoren.

## 7.9 Känslighetsanalys

Känslighetsanalys för scenariot "Brand i förråd vid träslöjdsal".

### 7.9.1 Bakgrund

Resultaten i avsnitt 7.8 innebär att fönsterutrymning måste ske i alla klassrum. Den faktorn med störst påverkan på förhållandena i de valda klassrummen är om dörren till korridor 1 hålls öppen eller stängd. Det kommer därför att utföras två känslighetsanalyser för de valda klassrummen.

- Dörrarna från klassrummen ut till Korridor 1, samt fönster i klassrummen kommer vara öppna.
- Dörrarna från klassrummen ut till Korridor 1 kommer vara stängda men fönster i klassrummen kommer vara öppna.

I känslighetsanalyserna med stängda dörrar kommer läckaget från dörrarna att symboliseras med en öppning på 0,1 m<sup>2</sup>. I känslighetsanalyserna med öppet fönster kommer fönsterna att öppnas 1,5 minuter efter detektion. Dessa 1,5 minuter är grundade på summan av tiden för förberedelse- och omställningstid, där omställningstiden är den uppskattade tiden det tar att öppna ett fönster. I känslighetsanalysen kommer fönster att placeras en meter från golvet i de nya brandsimuleringarna och måtten på dessa sätts till 0,8 x 0,9 meter vilket bedöms vara måttet på vanliga standardfönster.

Efter att känslighetsanalyserna genomförts kommer resultaten att analyseras för att se vilket av scenarierna som har störst inverkan på resultatet. Dessutom dras en slutsats angående elevers möjlighet att utrymma i tid eller ej.

För resultat av känslighetsanalyserna, se avsnitt B4.3 – B4.4 i Bilaga 4.

## 7.9.2 Sammanställning av resultat från känslighetsanalys

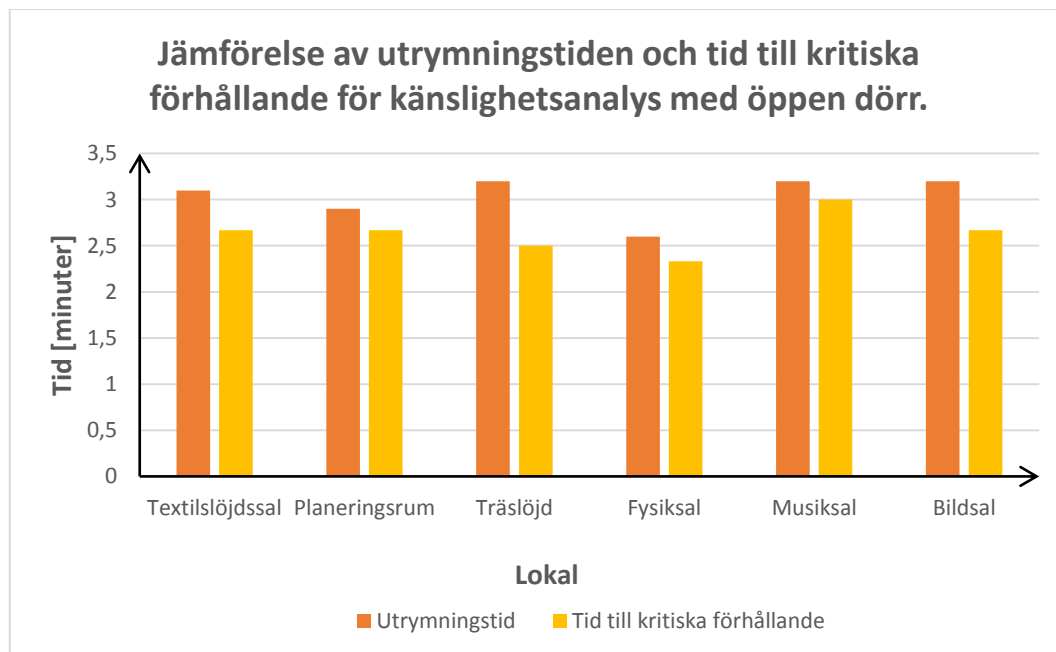
Resultaten från de utförda känslighetsanalyserna sammanställs och jämförs nedan.

### **Känslighetsanalys – Dörrar mellan klassrum och korridor samt fönster i klassrum hålls öppet**

I sammanställningen av resultaten kommer tiden för utrymning att jämföras med tiden till kritiska förhållanden. Det kommer göras genom att tiden  $t_{\text{marginal}}$  beräknas med hjälp av Ekvation 6.2. Tiden  $t_{\text{marginal}}$  kommer beräknas för fönsterutrymning för respektive klassrum. Se avsnitt B4.5 i Bilaga 4.

I känslighetsanalyserna kommer dörren vara öppen och ett fönster kommer öppnas i klassrummen. Detta innebär att eleverna i klassrummen är införstådda med att de har möjligheten att utrymma via fönster och fönsterna går att öppna.

Resultatet innebär att ingen av personerna i de olika klassrummen hinner utrymma i tid via fönster om dörren lämnas öppen. För att kritiska förhållande uppnås innan alla har hunnit utrymma. Se Figur 7-8.



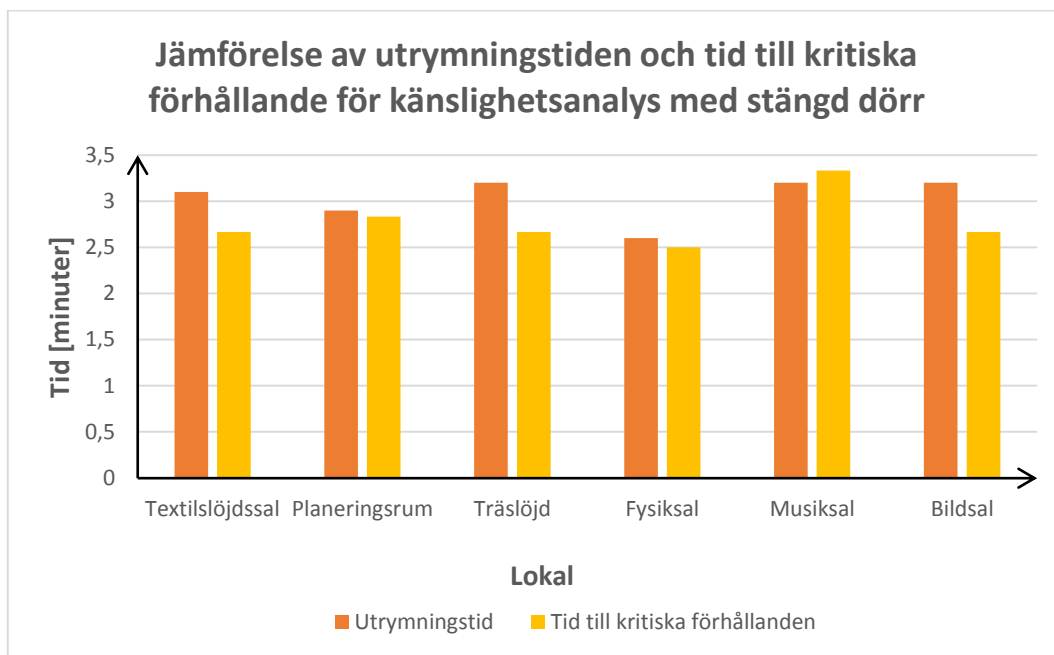
Figur 7-8 Jämförelse av utrymningstid och tid till kritiska förhållanden för känslighetsanalys med öppen dörr i olika lokaler för scenariot "Brand i förråd vid träslöjdsal".

### **Känslighetsanalys – Dörrar från klassrum hålls stängda men fönster i klassrum hålls öppet**

I sammanställningen av resultaten kommer tiden för utrymning att jämföras med tiden till kritiska förhållanden. Det kommer göras genom att tiden  $t_{\text{marginal}}$  beräknas med hjälp av Ekvation 6.2. Tiden  $t_{\text{marginal}}$  kommer beräknas för fönsterutrymning för respektive klassrum. Se avsnitt B4.5 i Bilaga 4.

I känslighetsanalyserna kommer dörren vara stängd och ett fönster kommer öppnas i klassrummen. Detta innebär att eleverna i klassrummen är införstådda med att de har möjligheten och kan utrymma via fönster.

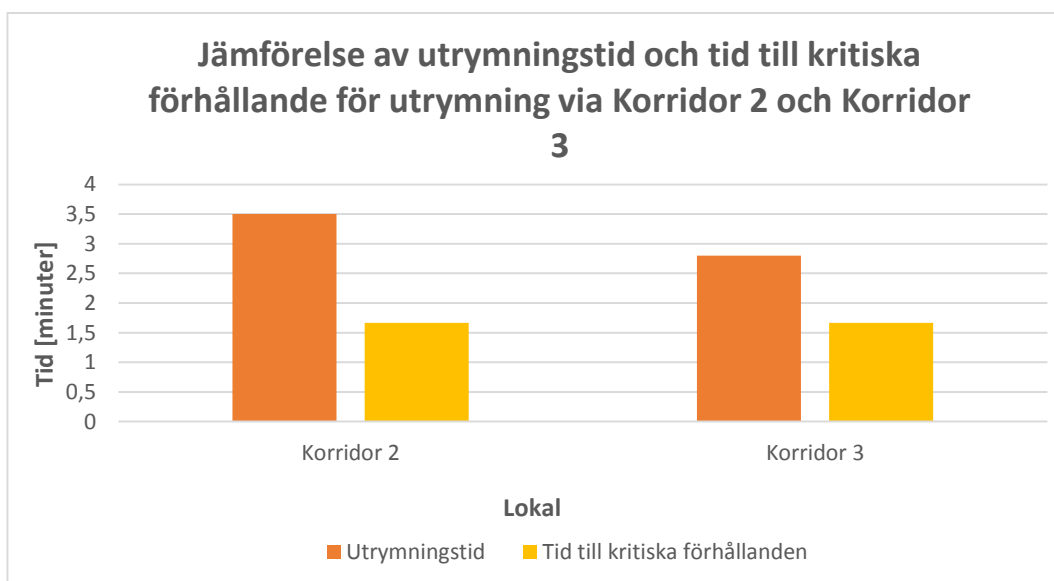
Resultatet innebär att personerna i träslöjdssalen och fysiksalen inte hinner utrymma. Se Figur 7-9.



Figur 7-9 Jämförelse av utrymningstid och tid till kritiska förhållande för känslighetsanalys med stängd dörr i olika lokaler för scenariot "Brand i förråd vid träslöjdssal".

För personer som befinner sig i textilsalen eller planeringsrummet och som måste utrymma via innergården finns en risk att de blir fast där. Detta eftersom det finns en risk att det råder kritiska förhållanden i korridor 2 och korridor 3. Tiden till kritiska förhållanden för dessa två korridorer kommer därför jämföras med utrymningstiden fram till korridor 2 och korridor 3 för de olika utrymmena.

Resultatet innebär att personerna i textilsalen och planeringsrummet inte kommer kunna utrymma via korridor 2 och korridor 3. Se Figur 7-10.



Figur 7-10 Jämförelse av utrymningstid och tid till kritiska förhållande för utrymning via Korridor 2 och Korridor 3 för personer i textilsal och planeringsrum.



## 8 Scenario 7 - Brand på toalett

I detta avsnitt görs en beskrivning över lokalen följt av en redogörelse av utrymningsvägar och brännbart material i anslutning till toaletten. Här redovisas även en HRR-kurva för scenariot samt känslighetsanalys.

### 8.1 Lokalbeskrivning

I ett av entréutrymmena i byggnad C finns ett rum med sex toaletter. Brandscenariot antas starta i ett av dessa toaletttrum. Toalettutrymmet är ungefär 4 m<sup>2</sup> stort med en takhöjd på 2 meter. Väggarna består av kakelplattor, golvet av en linoleummatta och taket av målad betong. Toalettutrymmet är inrett med en toalett, ett handfat, en toalettppappershållare, en papperhandukshållare, ett element samt en papperskorg med papper i. Toaletttrummet angränsar till ett entréutrymme med tillhörande nödutgång samt bänkar så att personer ska kunna uppehålla sig där, se Figur 8-1.

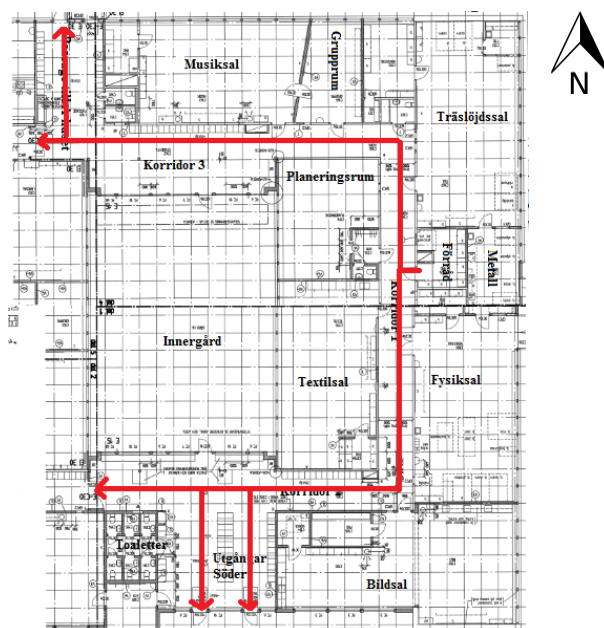


Figur 8-1 Översiktligt plan över toalettarna. Den röda markeringen i vänster bild visar den aktuella brandcellen i Byggnad C. Röd markering i höger bild visar toalettens placering inom brandcellen.

### 8.2 Utrymningsvägar

Antalet personer som kan antas befinna sig i uppehållsrummet varierar då elever kan röra sig fritt på rasterna. Under lektionstid antas aktiviteten i entréutrymmet vara obefintlig och därför anses risken för uppkomst av anlagd brand vara som störst vid just dessa tidpunkter.

Personerna som befinner sig i uppehållsrummet har fyra olika utrymningsvägar ut ur brandcellen. Alla utrymningsvägar är markerade med utrymnings skyltar och dörrarna är av standardmått, det vill säga att dörrarna är en meter breda och två meter höga. För en översiktligt plan, se Figur 8-2. Dubbeldörrar har samma höjd men är två meter breda.



Figur 8-2 Ritning som visar möjliga utrymningsvägar i samband med toaletter. Bild: Nerma Hajic.

### 8.3 Brännbart material

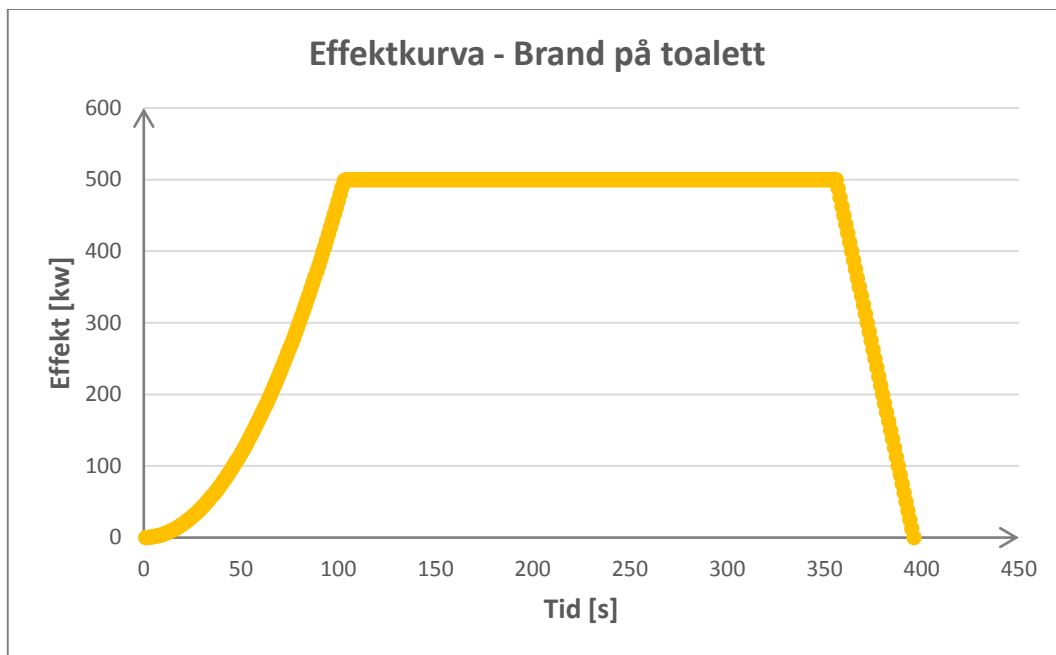
Det brännbara material som finns på toaletten är toalettpapper, pappershanddukar, pappret i papperskorgen och toalettsitsen. Detta anses vara en liten brandbelastning.

### 8.4 Brandförlopp

Brandscenariot innebär att en person anlägger en brand i papperskorgen på den innersta toaletten. Då en person önskar anlägga en brand är det rimligt att anta att denna kommer slänga allt tillgängligt papper inne på toalettrummet i papperskorgen och även material från de andra toaletterna och därefter tända fyr på materialet. Dessutom finns det en risk att personen medtar eget brännbart material för att öka brandens omfattning.

### 8.5 Effektkurva

Den dimensionerade branden kommer utgå från åtta kilo papper och böcker som uppskattas väga ungefär tre kilo. Att det finns åtta kilo papper på en toalett bedöms som orimligt men det finns en risk att papper tas från andra toaletter. Dörren antas lämnas öppen efter anläggning av branden vilket innebär att branden inte riskerar att bli ventilationskontrollerad. Effektkurvan har beräknats enligt metoden för  $\alpha^2$ -kurvor. För exakta beräkningar, se Bilaga 2.



Figur 8-3 Effektkurvan för en brand som startar i ett toalettutrymme.

## 8.6 Simulering av brandförlopp

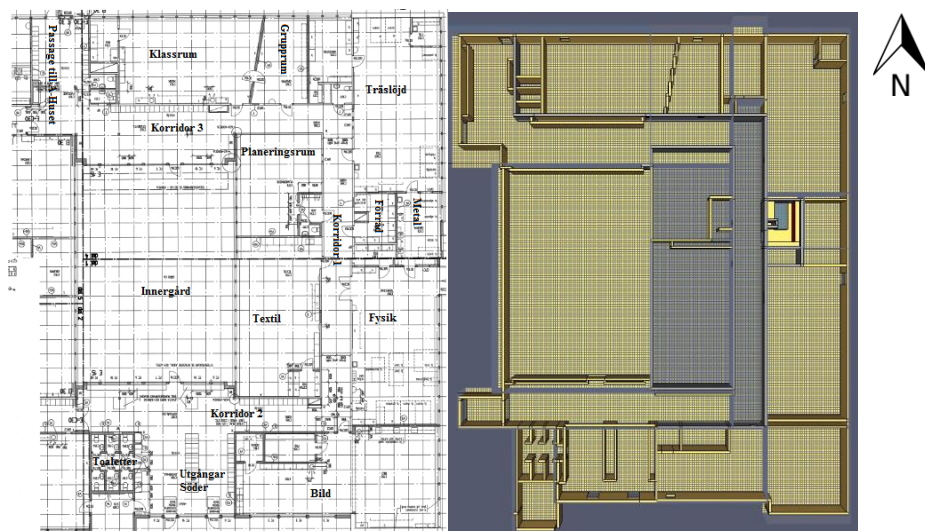
Simuleringen byggs upp i PyroSim, se Figur 8-4, och körs sedan i programmet FDS. Branden skapas med hjälp av den framtagna effektkurvan. Värden på mängden kolmonoxid, CO, och sot som bildas i förhållande till mängden bränsle för trä ansätts då det för papper inte gick att hitta motsvarande värden.

Branden ansätts som en yta på en av toaletterna med en storlek på 1 m<sup>2</sup>. Beräkningsnätet i programmet som täcker toaletterna, utrymmet utanför toaletterna och korridoren utanför ges en cellstorlek på 0.1 meter. Detta för att få mer detaljerade resultat i dessa områden som identifierats som viktiga. I resterande delar placeras beräkningsnät med en cellstorlek på 0.2 meter. Branden placeras i den toaletten som är närmst entréhallen i söder.

I utrymmet utanför toaletterna placeras en rökdetektor. I simuleringen är alla dörrar stängda för att den snabbast möjliga rökspridningen i korridorerna ska kunna observeras. Enbart utrymningsdörrarna längst bort från branden, det vill säga de mot byggnad A samt över till annan brandcell, kommer stå öppna då personerna i byggnaden antas lämna brandcellen via denna dörr.

Resultatet av simuleringarna gav att vid de södra ingångarna uppnåddes kritiska förhållanden efter cirka en minut på grund av siktnefsättning. I toalettentrén tog det drygt en minut att uppnå kritiska förhållanden och även där orsakat av sikten. Utanför bildsalen uppnås kritisk siktnefsättning och kritisk höjd på brandgaslagret samtidigt efter cirka två minuter. För utförligare resultat, se avsnitt B4.6 i Bilaga 4.

För validering av brandens uppbyggnad i FDS se Bilaga 11.



Figur 8-4 Överblicksbild av den aktuella brandcellen i byggnad C. Bild: Johannes Corbee.

## 8.7 Utrymningsförlopp

I denna sektion beskrivs de beräkningar som har gjorts för utrymningsförloppet. Beräkningar har utförts både i form av simuleringar i Pathfinder och som handberäkningar, där de båda modellerna gett olika utrymningstider.

### 8.7.1 Förutsättningar för utrymning

Då utrymningssimuleringarna för ”Brand på toalett” görs i samma brandcell som ”Brand i förråd vid träslöjdsal” kan samma antagande gällande personantal i respektive rum användas, se avsnitt 7.7.1. Likaså ansätts samma värde på gånghastighet samt SFPE-modell för utrymning.

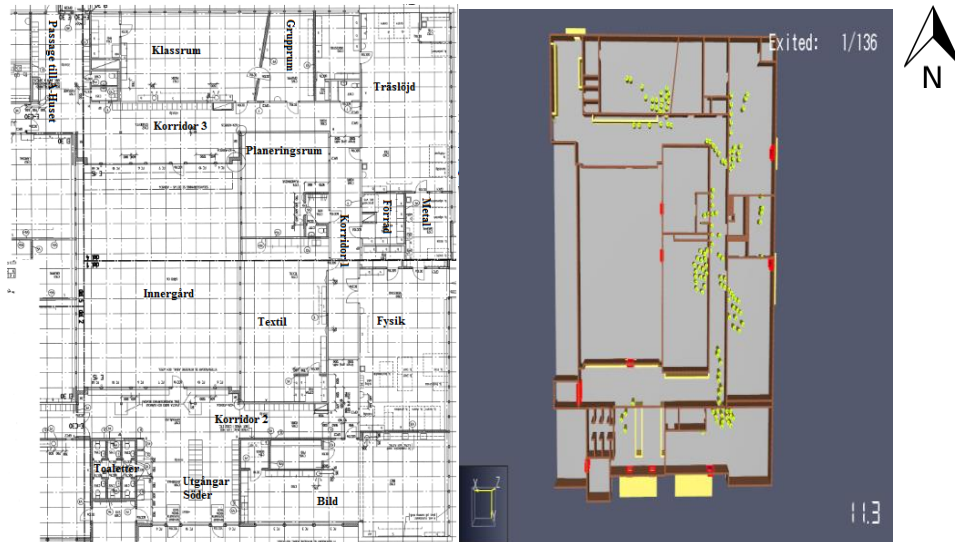
För en brand som utbryter på en av toaletterna vid de södra ingångarna har ett utrymningsförlopp identifierats och beskrivs mer ingående nedan.

### 8.7.2 Utrymningssimuleringar

Simuleringar över tänkbara utrymningsförlopp redovisas i detta avsnitt.

#### **Simulering 1 – Utrymning ur bildsal**

Om personerna i bildsalen hinner utrymma genom korridor 1, kommer också personer i de andra klassrummen lyckas med detta. Därför utformas ett utrymningsscenario för personerna i bildsalen. Detta innebär att personerna i bildsalen utrymmer via dörren i korridor 1 bort mot passagen till byggnad A.



Figur 8-5 Brandcell i byggnad C. Bild: Johannes Corbee.

### 8.7.3 Handberäkningar

För scenariot har handberäkningar genomförts för att en jämförelse med de simulerade resultaten ska vara möjlig. För handberäkningar av scenariot, se Bilaga 7.

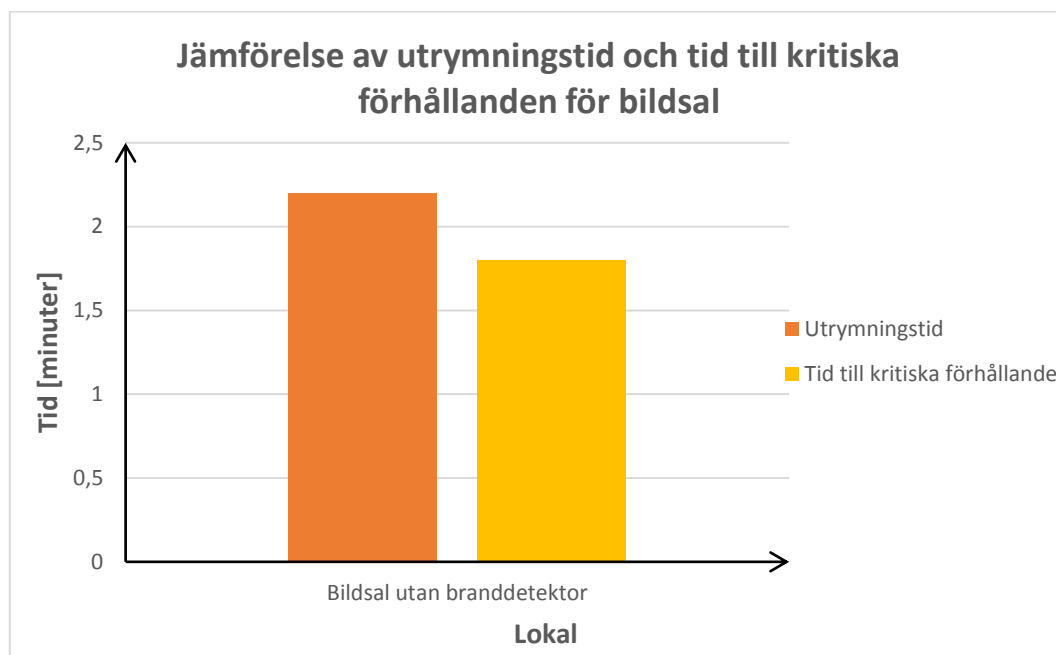
### 8.7.4 Resultat för utrymningsförlopp

Resultaten från utrymningsförloppen visade att enligt handberäkningarna tar det 2,3 minuter att utrymma brandcellen, medan Pathfinder-simuleringarna gav 2 minuter. För fler resultat av utrymningsförloppen, se avsnitt B4.7 i Bilaga 4.

## 8.8 Sammanställning av resultat

Utrymningstiden för simulering 1 varierar beroende på om utrymningstiden beräknats med handberäkningar eller Pathfinder. Vid beräkning av den tillgängliga utrymningstiden för personerna i bildsalen kommer utrymningstiden för Pathfinder användas. Detta eftersom att programmet tillåter att SFPE-mode används vilket enligt Olsson (2013) ger resultat som bättre stämmer överens med verkliga försök vid utrymning genom dörrar.

I Figur 8-6 jämförs tiden till kritiska förhållande med tiden det tar att utrymma ut ur bildsalen. Den negativa tidsmarginalen innebär att personer inte kommer hinna utrymma i tid.



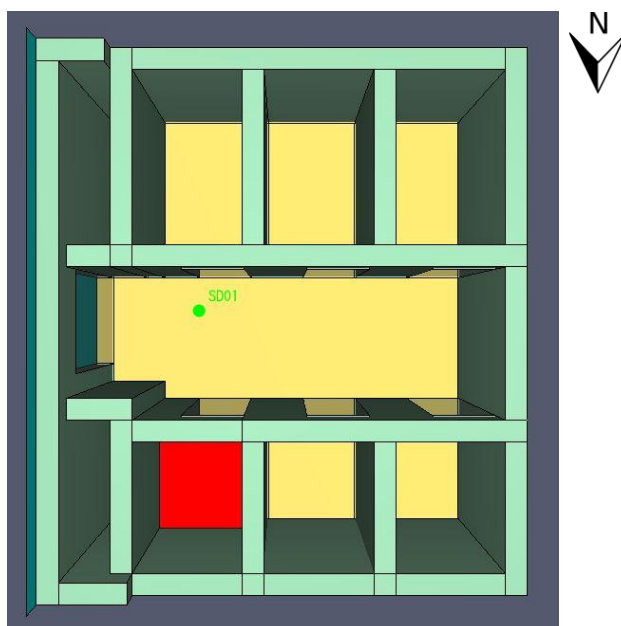
Figur 8-6 Jämförelse av utrymningstid och tid till kritiska förhållande för bildsalen utan branddetektor installerad.

## 8.9 Känslighetsanalys

I detta avsnitt redovisas känslighetsanalysen för ”Brand på toalett”. Bedömandet att en känslighetsanalys ej kommer utformas som en alternativ brandsimulering har gjorts. Detta då den aktuella branden redan har en relativt stor brandbelastning och att öka denna är inte rimligt. Den aktuella branden har snabb tillväxthastighet och att öka denna skulle ge liknande resultat med enda skillnaden en tidigare detektion. Känslighetsanalysen har istället genomförts med fokus på att undersöka huruvida tidsmarginalen påverkas om en rökdetektor finns installerad i toalettentrén eller inte.

### 8.9.1 Bakgrund

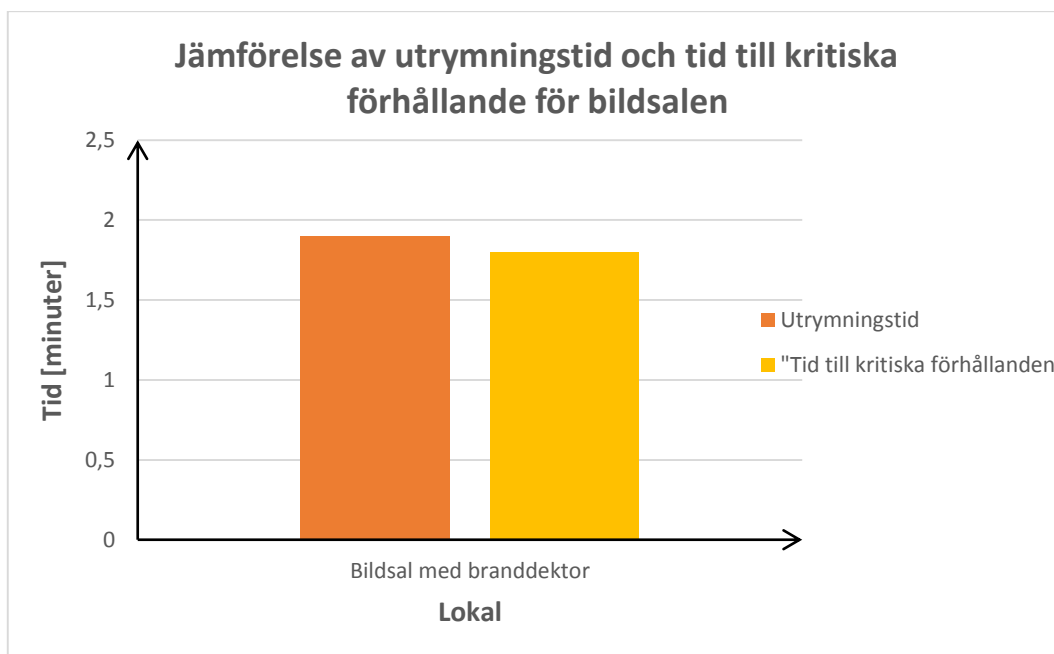
Det finns en rökdetektor placerad i entréhallen vid de södra utgångarna. Denna utlöser strax efter en halv minut vilket anses vara en lång tid. Med tanke på detta kan det vara lämpligt att installera en rökdetektor i toalettentrén. Detta innebär att eleverna i bildsalen kommer bli varseblivna om branden tidigare och ha längre tid på sig att utrymma. Rökdetektor placerades enligt Figur 8-7.



Figur 8-7 Placering av rökdetektor vid känslighetsanalys för scenariot "Brand på toalett". Det röda området motsvaras av den branddrabbade toaletten. Bild: Johannes Corbee.

### 8.9.2 Sammanställning av resultatet från känslighetsanalysen

I Figur 8-8 jämförs tiden till kritiska förhållande med tiden det tar att utrymma bildsalen. En eventuell rökdetektor i toalettentrén medför en kortare varseblivningstid och därmed ges en mindre negativ tidsmarginal.



Figur 8-8 Jämförelse av utrymningstid och tid till kritiska förhållande för bildsalen med branddetektor installerad.





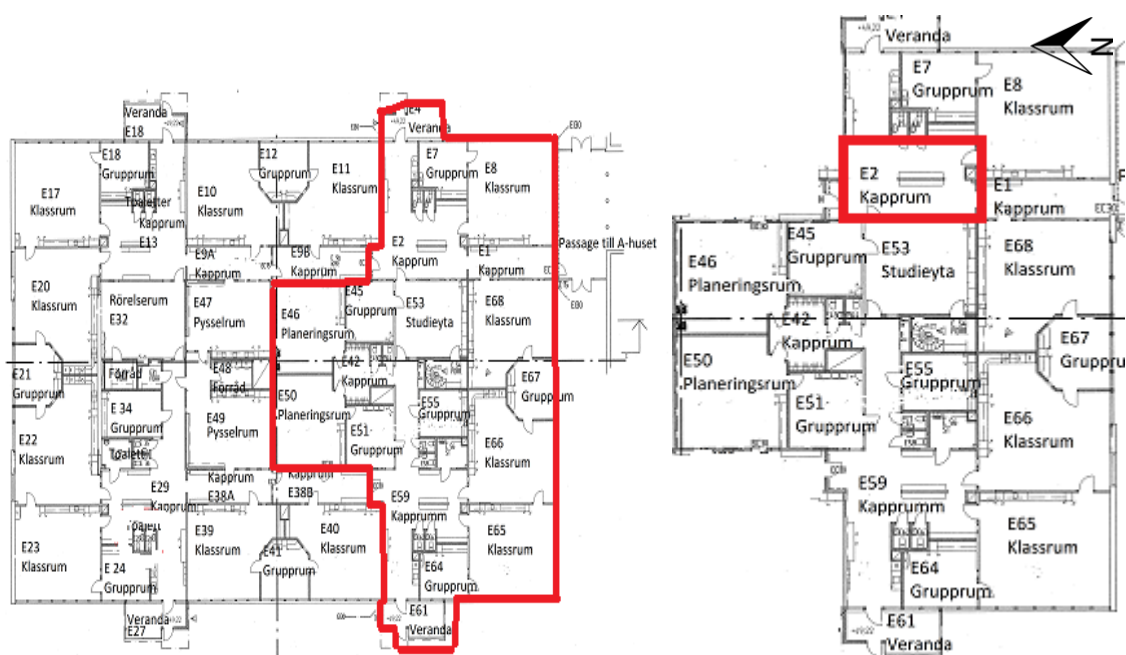
## 9 Scenario 10 - Brand i kapprum

I detta avsnitt redovisas en beskrivning av lokalen följt av redogörelse av lokalens utrymningsvägar och brännbara material. Även en HRR-kurva för scenariot redovisas tillsammans med en känslighetsanalys.

### 9.1 Lokalbeskrivning

Kapprummet som utvärderas i följande scenario är beläget i den södra delen av byggnad E enligt Figur 9-1. Kapprummet har en öppen planlösning och är centralt placerat mellan två klassrum, en veranda samt en studieyta. Kapprummet är med andra ord inget eget rum utan är sammanlänkat med omgivande korridorer. Väggarna består av betong med ytskikt av färg och inslag av kakel på diverse ställen. På väggarna hänger även diverse teckningar och pusselarbeten. Golvet täcks huvudsakligen av en linoleummatta, men även klinker förekommer i samband med verandorna. Takhöjden i utrymmet är 2,3 meter.

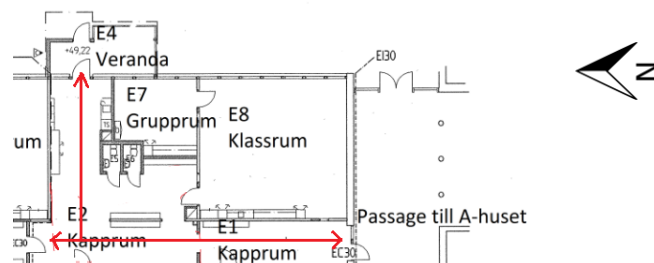
Antalet personer som kan antas befinna sig i kapprummet varierar då elever kan röra sig fritt på rasterna. Under lektionstid antas aktiviteten i kapprummen vara obefintlig och därför anses risken för uppkomst av anlagd brand av någon utomstående vara som störst vid just dessa tidpunkter.



Figur 9-1 Översiktbild - Kapprum. Den röda markeringen i vänster bild visar den aktuella brandcellen i byggnad E och markeringen i höger bild visar vart kapprummet är placerat inom brandcellen.

## 9.2 Utrymningsvägar

Det finns tre vägar ut ur byggnadsdelen. Utrymning kan ske genom passagen till byggnad A, ut till det fria genom verandan samt genom korridoren till angränsande brandcell. Dörrarna vid verandan är vanligtvis stängda utrymningsdörrar medan dörrarna vid de två andra utrymningsvägarna är uppställda och monterade med automatisk brandcells dörrstängning.



Figur 9-2 Ritning över möjliga utrymningsvägar i nära anslutning till kapprummet. Bild: Nerma Hajic.

Samtliga dörrar förutom brandcells dörren in till angränsande korridor öppnas utåt. Utrymningsdörrarna är utformade som standarddörrar med bredden en meter. Brandcells dörrarna har bredden en meter, men utrymningsvägen består av två dörrar och den totala bredden blir därför två meter då båda dessa öppnas. Figur 9-2 visar kapprummet och angränsande utrymmen.

## 9.3 Brännbart material

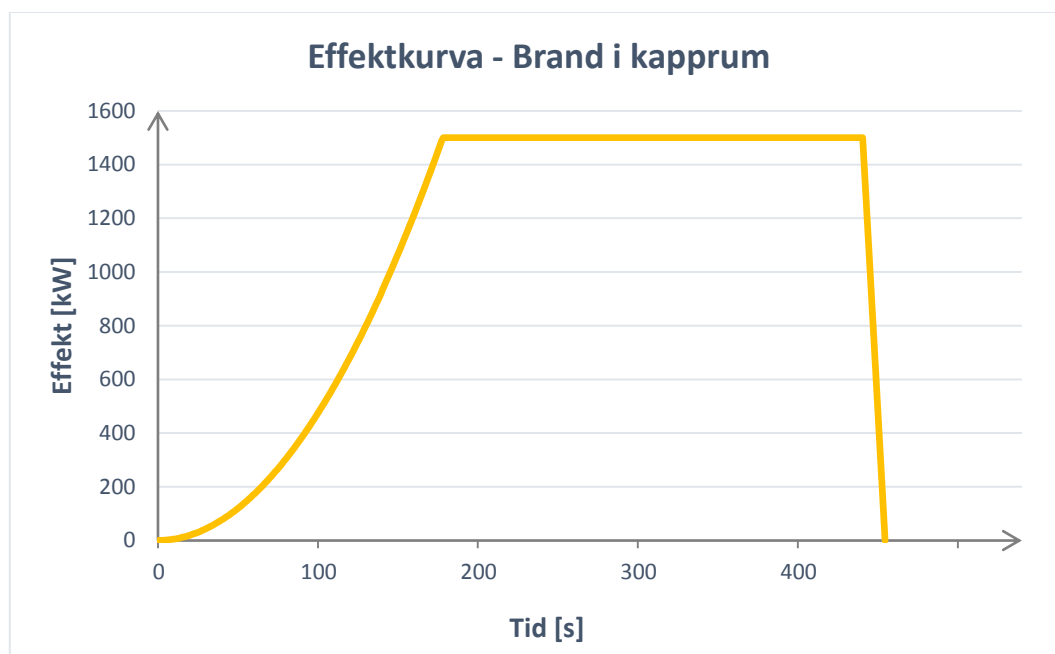
Mängden brännbart material i form av inredning i kapprummet är relativt litet. Det som är betydande är dock den mängd ytterkläder som eleverna använder och därför hänger av sig i kapprummet under lektionstid. Sommartid kan mängden tänkas vara som minst medan den under vinterperioderna ökar markant. Klädmängden var något som gick att observera under studiebesöket. Det gick även att observera hyllor med en större mängd regnstövlar i gummimaterial. Utöver detta fanns där inredning i form av en träbänk och ett torkskåp.

## 9.4 Brandförlopp

För analys av kapprummet är det främst ett fall som har studerats; en anlagd brand i ytterkläder genom direkt antändning. En brand i kapprummet kan tänkas blockera flera utrymningsvägar och om dörrarna i verandan öppnas kan tillförseln av syre leda till en snabb brandutveckling i lokalen vilket i sin tur kan begränsa utrymningsmöjligheterna.

## 9.5 Effektkurva

Figur 9-3 nedan visar effektkurvan för en brand i kapprummet. För antaganden och beräkningar vid framtagning av denna, se Bilaga 3. Figuren visar att en maximal effekt på cirka 1500 kW uppnås efter drygt tre minuter, och att brandförloppet varar i ungefär åtta minuter.



Figur 9-3 Effektkurvan för "Brand i kapprum".

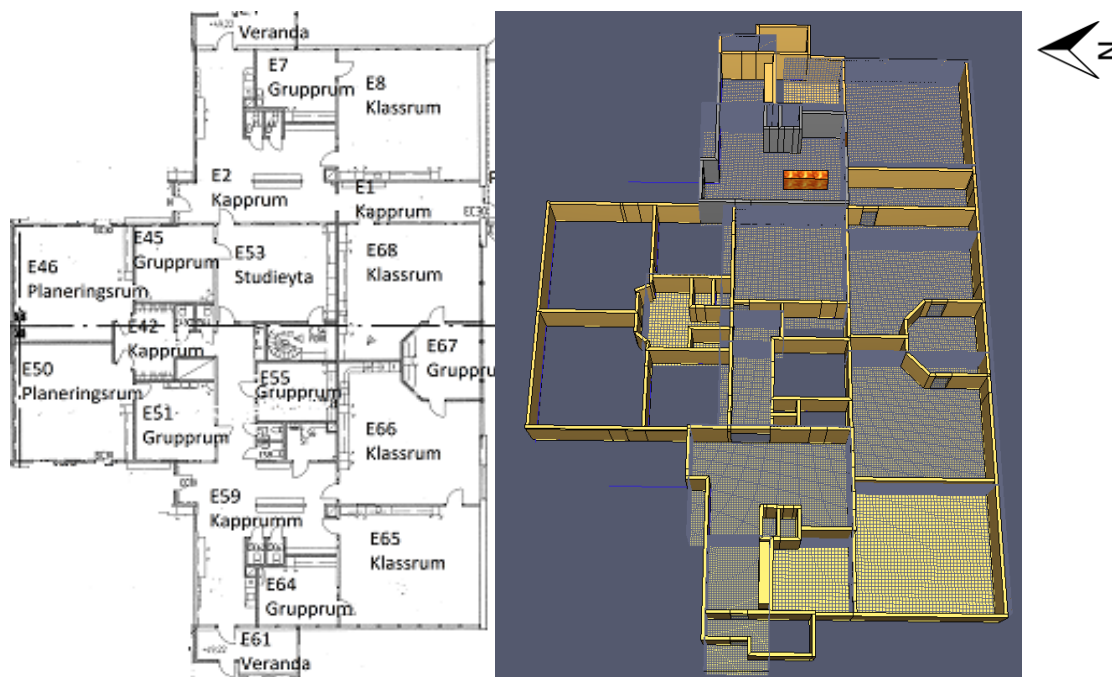
## 9.6 Simulering av brandförlopp

Simuleringen av brandförloppet utförs i programmet FDS. Först skapas geometrin för brandcellen i byggnad E, se Figur 9-4. Därefter skapas en brand med en effektkurva enligt Figur 9-3 och cellstorleken kring branden sätts till 0.1 meter. I resterande brandcell kommer cellstorleken också sättas till 0.1 meter. Bränslet är kläder och antas bestå av bomull och polyester. Därför används de kemiska formlerna för cellulosa och polyester. Dessa kemiska formler viktas mot varandra och en gemensam kemisk formel kan erhållas. Värden på mängden kolmonoxid, CO, och sot som bildas i förhållande till mängden bränsle för de olika materialen viktas så att ett gemensamt värde erhålls. Den kemiska formeln blev  $C_{13,5}H_{18}O_{6,5}$ . Den CO-mängden blev 0,129 och den sot-mängden blev 0,055.

En rökdetektor placeras i kapprummet där branden uppstår. Efter att rökdetektorn har aktiverat kommer det dröja en minut (förberedelsestiden) innan personerna i Klassrum E8 och Klassrum E68 kommer öppna respektive dörr till kapprummet. När dörrarna väl har öppnats kommer de inte att stängas då det inte är troligt att en utrymmande person stänger dörren efter sig och då dörrstängare ej är monterat på den aktuella dörren.

Dörren till närmsta studieyta och dörren från studieytan till Kapprum E59 kommer vara öppna under hela brandförloppet. Dessutom kommer de två dörrarna till Grupprum E67 vara öppna under hela brandförloppet. Detta bedöms vara ett värsta troliga fall.

För resultat över brandförloppet, se avsnitt B4.11 i Bilaga 4.



Figur 9-4 Figuren visar en ritning av den aktuella brandcellen i byggnad E, samt en uppbyggnad av denna i simuleringsprogrammet Pyrosim. Bild: Oscar Alvarsson/Johannes Corbee.

## 9.7 Utrymningsförlopp

Beskrivning av utrymningsförloppen samt resultatet för den totala utrymningsförloppet redovisas nedan.

### 9.7.1 Förutsättningar för utrymningssimuleringarna

Ett flertal utrymningssimuleringar utförs i programmet Pathfinder för den aktuella brandcellen i byggnad E. Dessa simuleringar redovisar resultat för förflyttningstiden i ett antal utrymningsscenarion. I simuleringarna har det antagits vara 25 elever samt en lärare i respektive klassrum. Dessutom finns fem elever i två av grupprummen samt 10 elever i den större studielokalen. I de två rum som används som lärarrum antas fem personer befinna sig i varje. Eleverna ges egenskaper som anses vara beskrivande för barn. Med detta menas att gånghastigheten har satts till 0,5 m/s samt att grupperna definieras genom kommandot ”*Select Children*”. Förutsättningen för valet av gånghastighet kommer från det rekommenderade värdet på 0,6 m/s för utrymning vid hög persontäthet. Värdet minskats sedan något då barn antas ta längre tid på sig att utrymma på grund av ålder och kunskap kring situationen. Ytterligare en anledning är att utrymningen sker i många av fallen genom andra klassrum och därför kan möblemanget anses försvåra utrymningen (Boverket, 2006).

För lärare anges istället defaultvärden. Med detta följer att gånghastigheten på lärarna är 1,2 m/s och storleken på figurerna något större. Det antas befinna sig två grupper om fem personer i planeringsrummen vilka alla är lärare.

Rökdetektorn i kapprummet kommer att utlösa efter en halv minut. Detta innebär en varseblivningstid på en halv minut. Förberedelsestiden i skolor ansätts till en minut enligt (Boverket, 2006).

Även vid dessa utrymningssimuleringar har SFPE-mode använts, då Olsson (2013) kommit fram till att detta bättre stämmer överens med verkliga försök vid utrymning genom dörrar. Detta anses lämpligt då merparten av utrymningstiden i detta scenario kommer gå åt till att passera utrymningsdörrarna i vindfånget.

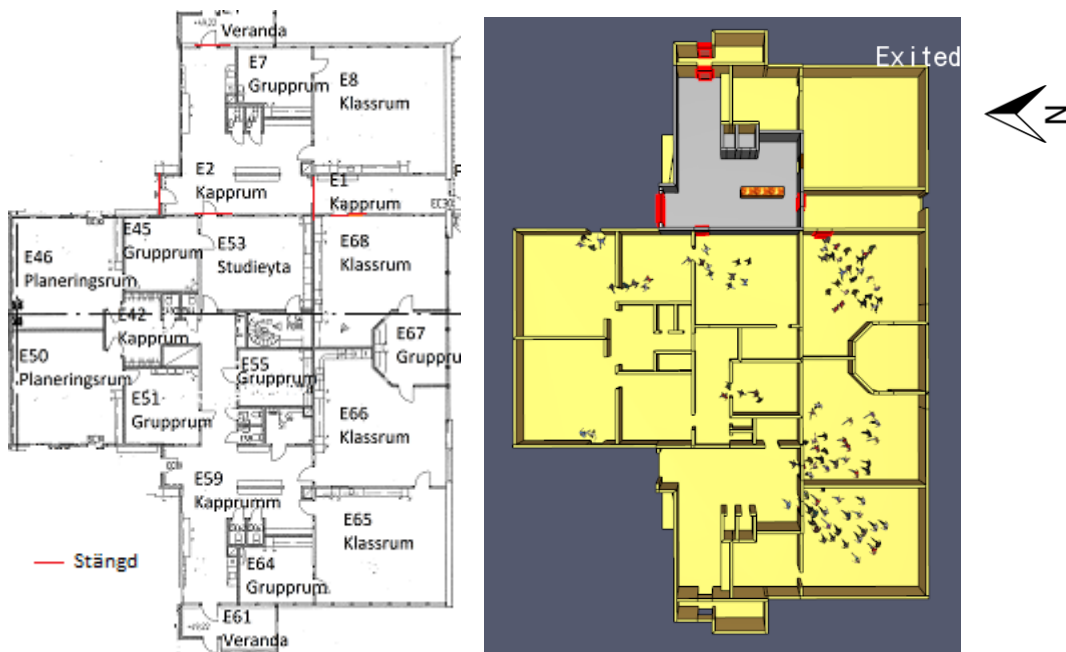
Då ett flertal simuleringar genomförs följer nedan en kort beskrivning över de antaganden som ansätts i varje simulering. Ett antagande som är gemensamt för alla simuleringar är att personerna i Klassrum E8 måste utrymma via fönster. Detta för att kritiska förhållanden uppnås i Kapprum E2 redan efter knappt en minut.

### 9.7.2 Simulering av utrymningsförlopp

Simuleringar över olika tänkbara utrymningsförlopp.

#### **Simulering 1 – Otillgänglig passage mot byggnad A**

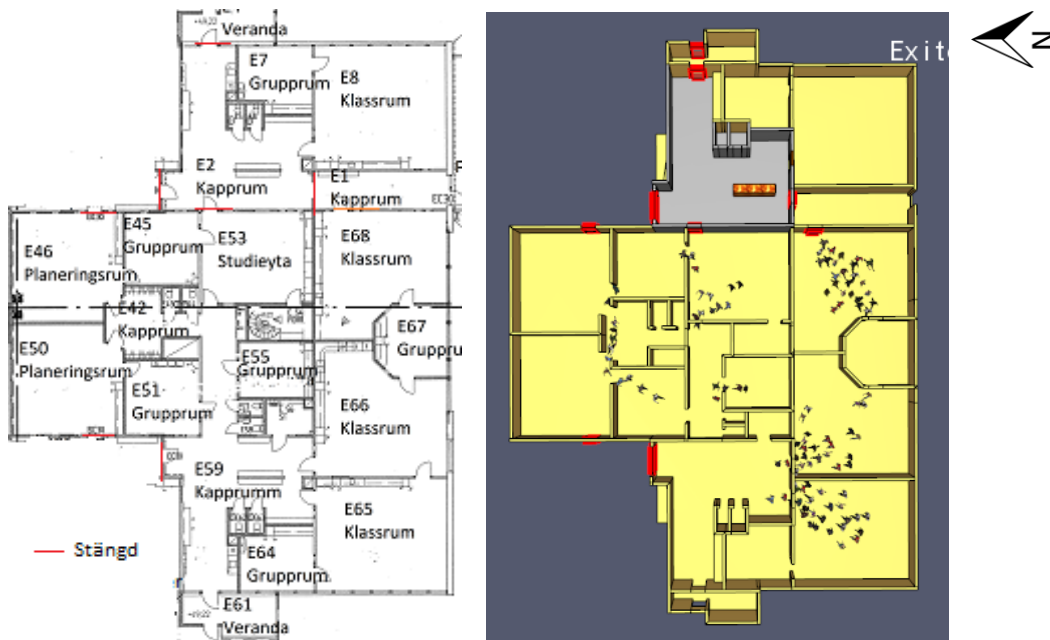
I denna simulering är alla dörrar till det brandhärjade Kapprum E2 stängda, likaså dörren mellan Klassrum E68 och passagen till byggnad A. Initialt är dörren mellan Klassrum E68 och passagen öppen, men stängs i simuleringen efter två sekunder. Detta eftersom att personer i klassrummet först antas bege sig mot närmaste utgång, som då är passagen mot byggnad A. Eftersom de kritiska förhållandena uppnås mycket fort måste personerna istället vända om och utrymma via en annan väg genom Grupprum E67. Följden blir att inga personer hinner utrymma via dörren mellan Klassrum E68 och passagen mot A-huset. Att dörrar är stängda innebär att ingen utrymning sker genom dessa.



Figur 9-5 Simulering 1 – Otillgänglig passage mot byggnad A. Bild: Oscar Alvarsson/Nerma Hajic.

### Simulering 2 – Endast utrymning via Veranda E61

I denna simulering är samtliga dörrar till det brandhärjade kapprummet är stängda, brandcellsporten vid Kapprum E59 är stängd samt är dörrarna ut från planeringsrummen stängda. Utöver detta är dörren mellan klassrummet och passagen till byggnad A stängd. Initialt är dörren mellan Klassrum E68 och passagen mot A-huset öppen och av samma anledning som presenteras i simulering 1, men stängs efter två sekunder. Att dörrar är stängda innebär att ingen utrymning sker genom dessa.



Figur 9-6 Simulering 2 – Endast utrymning via Veranda E61. Bild: Oscar Alvarsson/Nerma Hajic.

### 9.7.3 Fönsterutrymning

I Klassrum E8 finns sex stycken fönster av storleken 0.8 x 0.9 meter (bredd x höjd). Vid brand i Kapprum E2 kommer eleverna i klassrummet vara tvungna att utrymma via fönster. Summan av varseblivnings- och förberedsetiden är 1,5 minuter. Efter denna tid antas elever vara förberedda på att utrymma genom dörren. Utrymning genom klassrummets enda dörr påbörjas men avbryts fort då det upptäcks att utrymning via det brandhärjade kapprummet ej är möjligt. En omställning sker då för att istället börja utrymma via fönster. Tiden för omställningen antas vara en halv minut då detta anses vara en rimlig tid att gå till ett fönster och öppna upp detta. Dock är en halv minut en mycket grov uppskattning.

Enligt en studie utförd av Frantzich (1994) är flödet av personer ut genom ett fönster med måtten 0.8 x 0.9 meter 0.56 personer/sekund. Då detta är en siffra framtagen på vuxna studenter vid Lunds Universitet är det viktigt att påpeka att flödet inte är fullt representativt för eleverna på Frejaskolan, dock att detta är ett antagande som görs.

Skulle det finnas 26 elever i ett klassrum så kommer det ta dem drygt en minut att utrymma genom ett fönster. Detta värde fås genom att ta antalet personer dividerat med det ovan nämnda flödet av personer ut genom fönstret.

Den totala tiden för fönsterutrymning blir således cirka tre minuter om också man tar hänsyn till tiden för varseblivning, förberedelse och omställning.

#### 9.7.4 Handberäkning

Handberäkningar utfördes för simuleringarna 1 och 2. Dessutom utfördes en handberäkning för fönsterutrymning i Klassrum E8. Gånghastigheten som användes i handberäkningar var 0.5 m/s. För exakta beräkningar, se Bilaga 7.

#### 9.7.5 Resultat för utrymningsförlopp

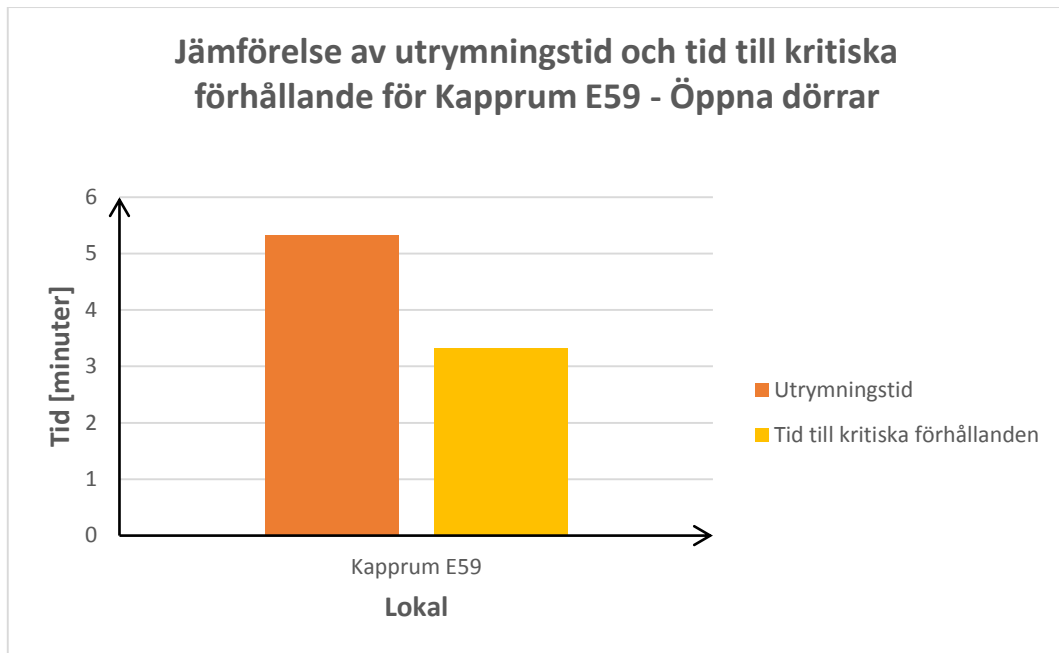
För resultat över utrymningsförlopp, se avsnitt 4.12 i Bilaga 4.

### 9.8 Sammanställning av resultat

I denna sammanställning kommer tiden för utrymning att jämföras med tiden till kritiska förhållanden. Detta genom att  $t_{\text{marginal}}$  beräknas med hjälp av Ekvation 6.2. Tiden  $t_{\text{marginal}}$  kommer beräknas för simulering 2 samt för fönsterutrymning. Personer i simuleringen använder ej passagen till byggnad A, utan alla utrymmer via utrymningsdörrarna i Veranda E61. Detta bedöms vara det värsta troliga fallet, se avsnitt 9.6.2, på grund av den stora stockning som uppstår. Kritiska förhållanden i Kapprum E59 kommer uppstå under tiden som personer befinner sig i kö ut och därför kommer även tiden  $t_{\text{kritiska förhållanden}}$  erhållas för detta rum. Se avsnitt B4.13 i Bilaga 4.

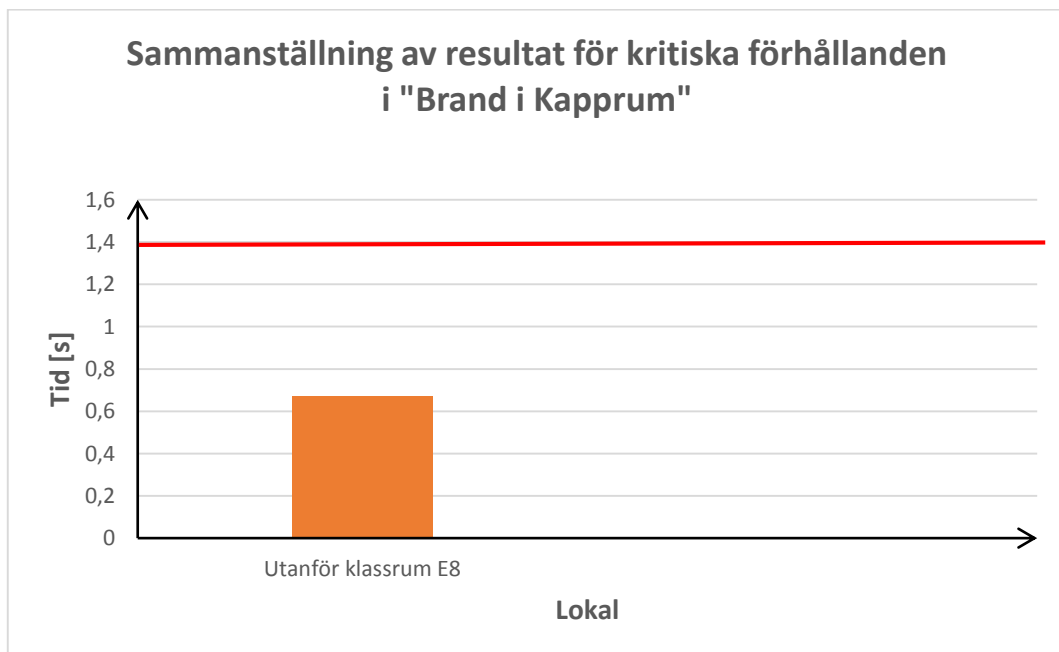
Förflyttningstiden har tagits fram med programmet Pathfinder samt handberäkningar. Tidsskillnaden mellan dessa två metoder varierar mellan 0,5 och 3,5 minuter beroende på vilket scenario som jämförs. Denna tidsskillnad kan förklaras av att de handberäkningarna som valt att användas ej tar hänsyn till eventuell köbildning vid trånga passager och dörrar. I handberäkningarna utrymmer istället alla elever i ett rum samtidigt genom en dörr trots att personerna i byggnaden anländer till dörren vid olika tidpunkter. Det tar enligt handberäkningar cirka tre minuter att passera vindfånget, se Bilaga 7, vilket inte är representativt för ett kontinuerligt flöde ut genom dörren. För att beräkna tiden det tar att passera en dörr i Pathfinder måste geometrin sträcka sig en bit utanför den dörr som passeras. Detta innebär att om en dörr är placerad i direkt anslutning till geometrins kant kommer personerna i simuleringsprogrammet att ”försvinna” så fort dessa når dörren, och därav beräknas inte den tid som själva passagen genom dörren tar (Olsson, 2013). Detta är en begränsning vid användandet av Pathfinder.

Baserat på resonemanget ovan borde handberäkningar överskatta utrymningstiden (tar längre tid att passera en dörr på grund av köbildningen) och Pathfinder underskatta utrymningstiden (tiden att passera ytterdörrar försummas). Förmodligen ligger sanningen någonstans mellan dessa. Som tidigare nämnt ger inställningen SFPE-mode en bra representation av verkligheten för utrymning genom dörrar (Olsson, 2013). SFPE-mode har därför valt att användas då merparten av utrymningstiden kommer gå åt till att passera genom utrymningsdörrarna i vindfånget. På grund av begränsningen i Pathfinder har tiden det tar för siste person att passera genom den sista av de två utrymningsdörrarna vid vindfånget i Kapprum E59 tagits fram med hjälp av handberäkningar. Denna tid blir cirka en och en halv minut, se Bilaga 7. Utrymningstiden i Pathfinder är cirka tre och en halv minut.



Figur 9-7 Jämförelse av utrymningstid och tid till kritiska förhållande för Kapprum E59. I detta fall är dörrarna som förbinder Kapprum E59 och Kapprum E2 via studierummen öppna.

Kritiska förhållanden redovisas i Figur 9-8. Den röda linjen i figuren markerar den tid det tar för personerna i Klassrum E8 att påbörja utrymning via Kapprum E2, d.v.s. tiden för varseblivning och förberedelse som är en och en halv minut. Den rödgula stapeln visar när kritiska förhållanden råder utanför Klassrum E8. Resultatet innebär att kritiska förhållanden uppnås utanför klassrummet innan utrymning via Kapprum E2 påbörjas. Detta medför att personerna i Klassrum E8 måste utrymma via fönster.



Figur 9-8 Sammanställning av tider för kritiska förhållanden för scenariot "Brand i kapprum". Den röda linjen markerar den tid det tar för personer att påbörja utrymning via Kapprum E2.



## 9.9 Känslighetsanalys

Nedan följer en känslighetsanalys för scenariot ”Brand i kapprum”. En inledande del beskriver bakgrunden till varför känslighetsanalysen genomförs och en sammanställning av resultaten från denna följer sedan.

### 9.9.1 Bakgrund

Enligt både handberäkningar och Pathfinder kommer alla elever att ha nått utrymningsdörren vindfånget och uppehålla sig i anslutning till denna innan kritiska förhållanden uppnås i Kapprum E59, då med avseende på sikten. Antagligen kommer de personer som befinner sig i kön till utrymningsdörren kunna utrymma även om kritiska förhållanden skulle uppnås. Detta är möjligt eftersom eleverna inte är särskilt beroende av sikten för att utrymma då de redan befinner sig i kön till utrymningsdörren. Eleverna har dessutom möjligheten att utrymma via brandcellsdörrarna i Kapprum E59 alternativt utrymma via ett fönster i något av de närliggande klassrummen, i vilka det kommer ta väldigt lång tid innan kritiska förhållanden uppnås. Även om eleverna troligtvis hinner utrymma i tid ur Kapprum E59 är det inte optimala förhållanden som råder vid utrymning. Därför har en känslighetsanalys utformas för Kapprum E59. Det som troligtvis påverkar resultaten mest är om dörren till Studieyta E53 är stängd eller öppen. En simulering kommer därför utformas med dörren till Studieyta E53 stängd med en mindre öppning på 0.1 m<sup>2</sup>, till skillnad från grundscenariot där denna dörr står öppen.

Den faktorn med störst påverkan på förhållandena i Klassrum E8 är om dörren till Kapprum E59 hålls öppen eller stängd. Det kommer därför att utföras två känslighetsanalyser för de valda klassrummen.

- Dörrarna från Klassrum E8 ut till Kapprum E59, samt fönstret i klassrummet kommer vara öppet.
- Dörrarna från Klassrum E8 ut till Kapprum E59 kommer vara stängda men fönstret i klassrummet kommer vara öppet

När dörren kommer vara stängd i känslighetsanalyserna kommer det finnas en öppning på 0.1 m<sup>2</sup> överst i dörren. Öppningen på 0.1 m<sup>2</sup> symboliserar läckaget från dörren. Fönster kommer att placeras en meter från golvet i simuleringarna och måtten på dessa sätts till 0,8 x 0,9 meter. Fönstret i känslighetsanalyserna kommer öppnas efter två minuter. Dessa två minuter är grundade på summan av tiden för varseblivningstid, förberedelsestid och omställningstid, alltså efter den tid då det är troligt att fönstret kommer öppnas för utrymning.

Efter att dessa känslighetsanalyser har genomförts kommer resultaten att analyseras för att se vilket av scenarierna med dörren och fönster som påverkar resultaten mest. Dessutom tas en slutsats fram om huruvida utrymning i tid är möjlig eller ej.

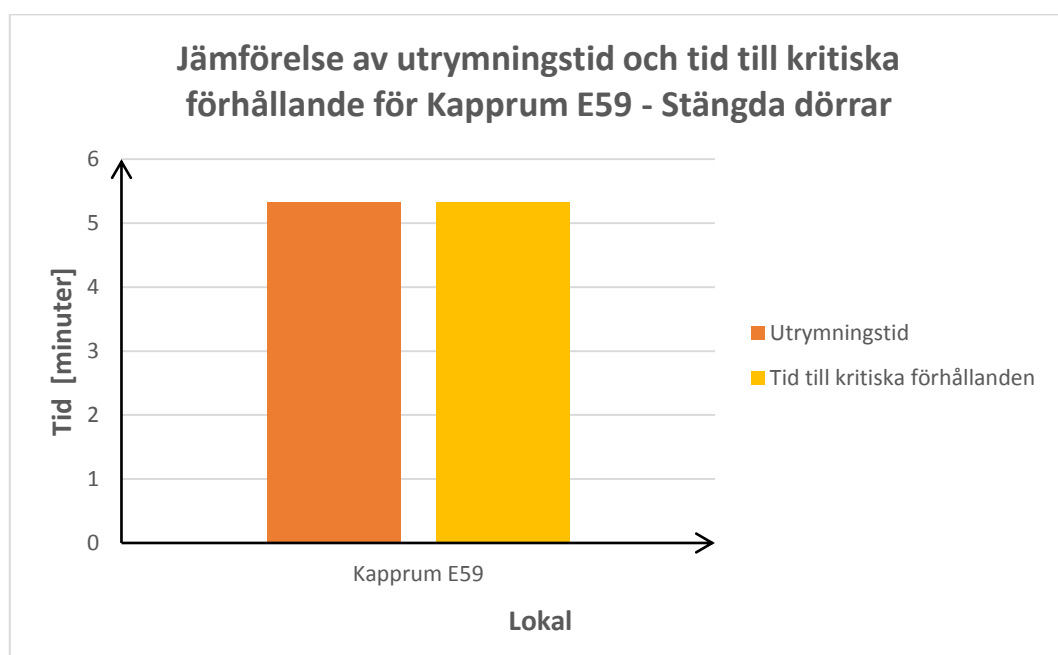
För resultat av känslighetsanalyserna, se avsnitt B4.14-B4.16 i Bilaga 4.

### 9.9.2 Sammanställning av resultat från känslighetsanalys

I följande avsnitt sammanställs resultaten från de utförda känslighetsanalyserna.

#### **Känslighetsanalys – Dörrar som förbinder Kapprum E2 och Kapprum E59 är stängda**

I sammanställningen av resultaten kommer tiden för utrymning att jämföras med tiden till kritiska förhållanden. Det kommer göras genom att tiden  $t_{\text{tillgänglig}}$  beräknas med hjälp av Ekvation 6-2. Tiden  $t_{\text{tillgänglig}}$  kommer beräknas för det andra utrymningsförloppet, då detta anses vara det värsta troliga scenariot som kan inträffa samt för fönsterutrymning. Vid det andra utrymningsscenariot sker ingen utrymning via passagen till byggnad A utan samtliga personer utrymmer via utrymningsdörrarna i vindfånget i Kapprum E59. Kritiska förhållanden för personerna i brandcellen kommer uppstå när alla eleverna befinner sig i Kapprum E59 och därför kommer tiden  $t_{\text{kritiska förhållanden}}$  erhållas för detta rum. Se avsnitt B4.16 i Bilaga 4.



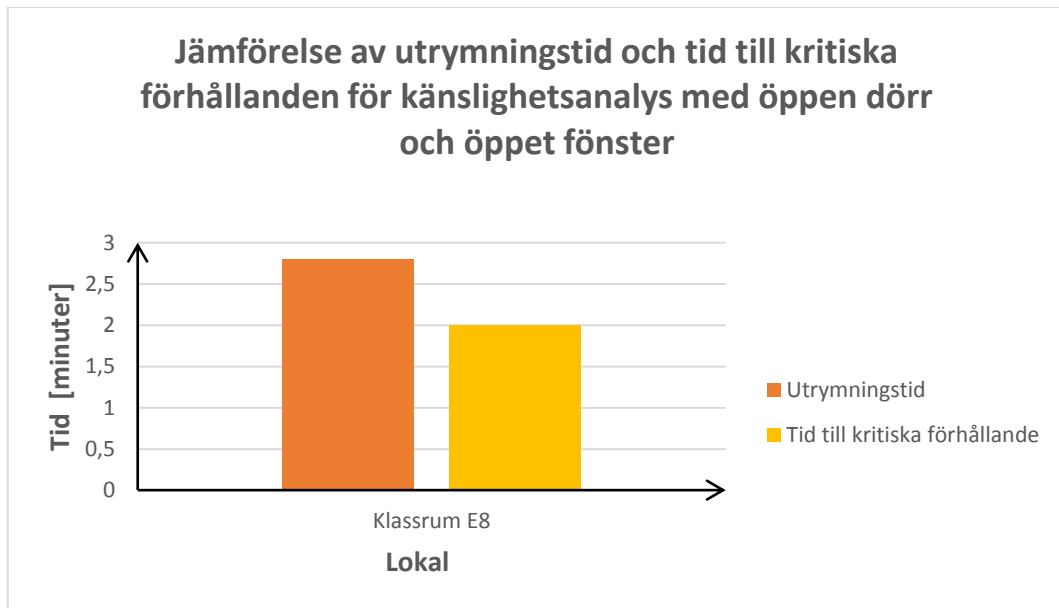
Figur 9-9 Jämförelse av utrymningstid och tid till kritiska förhållande för Kapprum E59. I detta fall är dörrarna som förbinder Kapprum E59 och Kapprum E2 via studierummen stängda.

#### **Känslighetsanalys – Dörrar mellan klassrum och korridor samt fönster i klassrum hålls öppna**

I sammanställningen av resultaten kommer tiden för utrymning att jämföras med tiden till kritiska förhållanden. Det kommer göras genom att tiden  $t_{\text{marginal}}$  beräknas med hjälp av Ekvation 6.2. Tiden  $t_{\text{marginal}}$  kommer beräknas för fönsterutrymning för respektive klassrum. Se avsnitt B4.16 i Bilaga 4.

I känslighetsanalyserna kommer dörren vara öppen och ett fönster kommer öppnas i klassrummet. Detta innebär att eleverna i klassrummet är införstådda med att de har möjligheten att utrymma via fönster och fönsterna går att öppna.

Resultatet innebär att personerna i Klassrum E8 inte hinner utrymma.



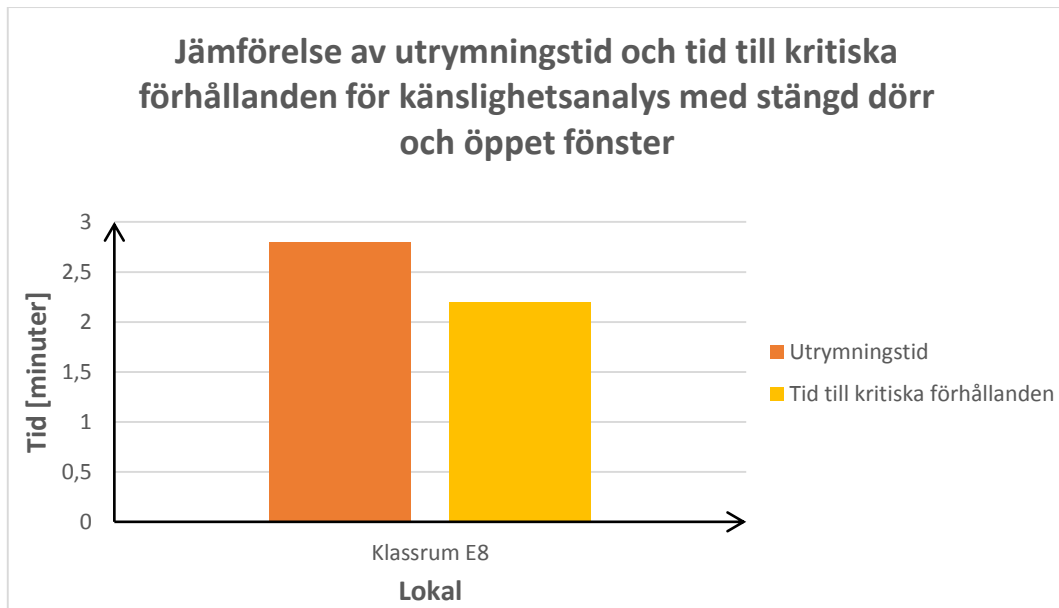
Figur 9-10 Jämförelse av utrymningstid och tid till kritiska förhållanden för känslighetsanalys med öppen dörr och öppet fönster.

**Känslighetsanalys – Dörrar från klassrum hålls stängda men fönster i klassrum hålls öppet**

I sammanställningen av resultaten kommer tiden för utrymning att jämföras med tiden till kritiska förhållanden. Det kommer göras genom att tiden  $t_{\text{marginal}}$  beräknas med hjälp av Ekvation 6.2. Tiden  $t_{\text{marginal}}$  kommer beräknas för fönsterutrymning för respektive klassrum. Se avsnitt B4.16 i Bilaga 4.

I känslighetsanalyserna kommer dörren vara stängd och ett fönster kommer öppnas i klassrummet. Detta innebär att eleverna i klassrummet är införstådda med att de har möjligheten och kan utrymma via fönster.

Resultatet innebär att personerna i Klassrum E8 inte hinner utrymma.



Figur 9-11 Jämförelse av utrymningstid och tid till kritiska förhållanden för känslighetsanalys med stängd dörr och öppet fönster

## 10 Diskussion

Nedan följer en allmän diskussion samt enskilda diskussioner för varje enskilt scenario.

### 10.1 Allmän diskussion

Skolans brandskydd anses vara skäligt om personerna på skolan är medvetna om, samt har möjligheten att utrymma via fönster. Det största problemet med brandskyddet bedöms vara den stora brandbelastning som uppstår i anslutning till spånsugen i förrådet vid träslöjdsalen samt blockerade utrymningsvägar i byggnad A.

Resultat från simuleringarna som utförts visar att sikten är det som först uppnår kritiska förhållande. I FDS har linjerökmätare och tvärsnittsdata använts för att få fram värden för aktuell sikt vid olika tidpunkter under brandförloppet. Resultaten mellan dessa två metoder skiljer sig något. Bland annat visar linjerökmätare tidigare än tvärsnittsdatan att kritiska förhållanden uppnås. Resultat tas från tvärsnittsdata genom att programanvändaren visuellt uppskattar var och när en sikt på fem meter uppstår i byggnaden. Detta medför osäkerheter då inga exakta värden går att ta fram. Linjerökmätarna mäter mellan två punkter i lokalen vilket kan orsaka en skev uppfattning om förhållandena i rummet. Detta då det räcker med en dålig sikt vid en punkt i mätlinjen för att sikten längs hela mätsträckan ska uppfattas som dålig. Linjerökmätarna ger konservativa resultat vilket har tagits hänsyn till i åtgärdsförslagen. För att säkerhetsställa resultaten för siktnedsättningen bör dessa provas mer noggrant.

Simulering av läckage genom stängda dörrar var väldigt primitiv och gav ett större läckage än vad som anses vara troligt i verkligheten. Det rekommenderas även här att resultaten bör provas mer noggrant för att säkerhetsställa resultaten. I denna rapport har dessa setts som tillräckliga för att få en korrekt överblick av skolans brandskydd.

Kvalitetsgranskning av FDS simuleringarna har visat sig vara bra, se Bilaga 11. I simuleringen med en brand på toalett kunde cellerna i och kring branden getts en mindre storlek, men vid försök till simulering tog detta betydligt längre tid. Simuleringen slutfördes på grund av detta aldrig och celler av storleken 0,1 meter ansågs vara tillräckligt små för att ge en övergripande korrekt bild av brandförloppet.

Kritiska förhållanden för strålning undersöktes inte i scenarierna. Detta för att i inget av dessa fall kommer utrymnande personer utsättas för direkt strålning från branden.

### 10.2 Brand i förråd vid träslöjdsal

De två utrymningsförloppen har utformats för att belysa skillnaden i utrymningstid för eleverna i träslöjdsalen beroende på om de använder dörren i fysiksalen som utrymningsdörr eller inte. Som Tabell B4-7 och Tabell B4-8 visar finns tid att spara om utrymning sker via utrymningsdörren i fysiksalen. Dock kan vetskapen om en utrymningsväg i närliggande klassrum få elever att bege sig dit istället för ut i korridoren där kritiska förhållande tidigare kommer att uppstå.

Om en brand uppstår i förrådet vid träslöjdsalen så går det inte att utrymma via korridorerna. Känslighetsanalyserna visar att dörren till korridorerna måste stängas för att ge mer tid till utrymning. Detta belyser det faktum att det bör ställas höga krav på elever och lärares

beteende vid brand på skolan. För säker utrymning måste personer stänga dörren till klassrummet och utrymma genom fönster.

Skulle personer i klassrummen utrymma genom fönster uppskattas tiden för detta vara cirka tre minuter för de olika scenarierna. Om dörren mellan klassrum och korridor inte stängs kommer kritiska förhållanden för sikt uppnås i samtliga klassrum samt för brandgaslagrets höjd i alla salar utom musiksalen. Trots att kritiska förhållanden uppnås finns möjligheten för personer som befinner sig i klassrummen att utrymma i tid då dessa först uppstår då personerna befinner sig i nära anslutning till fönster för utrymning. Personerna bör då rimligtvis kunna orientera sig ut ur klassrummet trots dålig sikt och lågt brandgaslager.

I de fall där dörren mellan korridoren och klassrummen stängs och personer väljer att utrymma genom fönster, är det endast de som befinner sig i musiksalen som hinner utrymma innan kritiska förhållanden uppstår. Känslighetsanalysen visar på att det tar längre tid för kritiska förhållanden att uppnås i klassrum med stängd dörr. Läckaget som simulerats genom dörrarna är större än vad som kan tänkas uppstå i verkligheten. Detta för att resultaten inte skulle underskattas. Trots det stora läckaget visade det sig att stänga dörren till ett utrymme ger en förändring i tid till kritiska förhållanden.

Personer som befinner sig i planeringsrummet eller i textilsalen kommer vid fönsterutrymning fastna på innergården. För att dessa personer ska kunna utrymma vidare behövs det en möjlighet att utrymma till närliggande brandcell. Detta borde ske genom att en dörr installeras som kan öppnas från innergården. För åtgärdsförslag, se avsnitt 11.2.

### **10.3 Brand på toalett**

Bedömningen av skolans skydd mot anlagd brand på toaletterna vid de södra utgångarna är att detta är tillfredställande. Vid installation av en rökdetektor vid toalettentrén görs bedömningen att alla hinner utrymma genom korridoren i anslutning till denna, trots att ett fåtal kan tvingas utrymma genom några meter med dåliga siktförhållanden. Detta gäller främst personer som befinner sig i bildsalen som utrymmer genom korridoren utanför. Resterande personer på skolan hinner utrymma utan att kritiska förhållanden uppstår. För åtgärdsförslag, se avsnitt 11.3.

Skulle det uppstå fall där en person befinner sig på en toalett längst in samtidigt som en anlagd brand utbryter på en närliggande toalett kommer denna inte kunna utrymma innan kritiska förhållanden uppstår. Sannolikheten för detta scenario bedöms dock som obefintlig.

### **10.4 Brand i kapprum**

En känslighetsanalys i form av olika utrymningsscenarier har genomförts för att belysa de skillnader som uppstår beroende på personers val av utrymningsväg. Dessa simuleringar undersöker utrymning genom brandcellsörrar till annan brandcell samt utrymning via vindfånget. Skillnaden i resultat mellan dessa två val varierar mellan en och en och en halv minut beroende på scenario samt om tiderna är framtagna med handberäkningar eller med Pathfinder. Skillnaden förklaras av att brandcellsörrarna är två meter breda medan dörrarna vid vindfånget endast har bredden en meter. Dessutom följer två dörrar tätt efter varandra vid vindfånget.

Utrymning via vindfånget anses vara mest troligt då personer antas föredra utrymning direkt ut till det fria framför utrymning till en annan del av byggnaden.

Det bedöms också troligt att elever och lärare kan ha dålig vetskap om att dörrarna i korridoren är brandcells dörrar, samt om deras funktion. Utrymningsscenariot bedöms också som värsta troliga då utrymningstiden är betydligt längre jämfört med utrymning till annan brandcell.

Enligt handberäkningar och Pathfinder kommer samtliga personer att befinna sig i anslutning till utrymningsdörren i vindfånget innan kritiska förhållande för sikt och höjd på brandgaslager uppnås i kapprummet om dörrarna mellan Kapprum E2 och Kapprum E59 lämnas öppna. Det anses vara troligt att personer som kör vid utrymningsdörren fortfarande lyckas utrymma trots att kritiska siktförhållanden uppnås, vilket baseras på att dessa inte behöver navigera sig genom byggnaden utan redan har funnit en utrymningsdörr. Men om dörrarna mellan Kapprum E2 och Kapprum E59 stängs kommer alla att hinna utrymma i tid.

Om en brand uppstår i Kapprum E2 så går det inte att utrymma via Kapprum E2 för personerna i Klassrum E8. Känslighetsanalyserna visar att dörren till kapprummet måste stängas för att ge mer tid till utrymning. Detta belyser det faktum att det bör ställas höga krav på elever och lärares beteende vid brand på skolan. För säker utrymning måste personer stänga dörren till klassrummet och utrymma genom fönster.

I de fall där dörren mellan kapprummet och klassrummet stängs och personer väljer att utrymma genom fönster hinner personer inte utrymma innan kritiska förhållanden uppstår. Känslighetsanalysen visar på att det tar längre tid för kritiska förhållanden att uppnås i klassrum med stängd dörr. Läckaget som simulerats genom dörrarna är större än vad som kan tänkas uppstå i verkligheten. Detta för att resultaten inte skulle underskattas. Trots det stora läckaget visade det sig att stänga dörren till ett utrymme ger en förändring i tid till kritiska förhållanden.

Skillnaderna mellan resultaten för simuleringarna med stängd dörr och öppen dörr tyder på tiden till kritiska förhållanden ökar om dörren stängs. Detta belyser kraven som ställs på de utrymmande personernas beteende vid brand. Slutsatsen blir att personer i klassrummet måste ha kunskap och rutiner om att stänga dörren till rökfyllda lokaler och utrymma genom fönster.

För åtgärdsförslag, se avsnitt 11.4.

## 10.5 Sammanfattande slutsatser

- Personerna i Klassrum E8 och i klassrummen längs korridoren måste ha möjligheten att utrymma via fönster.
- Personer i byggnaden måste stänga dörrar till rökfyllda utrymmen.
- Bedömningen av skolans skydd mot anlagd brand på toaletterna vid de södra utgångarna är att dessa är tillfredsställande, men en ny branddetektor kan installeras för att minska detektionstiden.
- Skolans brandskydd anses vara skäligt om personerna i skolan utrymmer via fönster.
- Den stora brandbelastningen i förrådet vid träslöjdsalen bedöms vara ett problem för brandsäkerheten.



# 11 Åtgärdsförslag

Sammanställning av de rekommenderade åtgärder som *ska* eller *bör* genomföras på skolan redovisas i detta avsnitt.

## 11.1 Allmänna åtgärdsförslag

Listan redovisar förslag på allmänna åtgärdsförslag för att minska risken för uppkomsten av brand.

### ***Utrymningsvägar ska hållas fria från brännbart material***

Vid studiebesöket observerades mycket bråte i källarplan i samband med utrymningsvägar, både i byggnad A och byggnad C. I C-byggnadens källare stod brandcellsörren uppställd. Utrymnena ska inte användas som tillfällig förvaring av material. Dessa åtgärder är enkla att genomföra. Dock rekommenderas det att rutiner införs samt att information sprids till personer som vistas i skolans lokaler för förhindra återkommande problem efter att åtgärderna genomförts.

### ***Blockerad släckutrustning***

På ett flertal platser blockerades släckutrustning av möbler, bråte och annat material. Bland annat blockerades handbrandsläckaren i metallslöjdsalen av en bordsskiva vilket gjorde denna svåråtkomlig, se avsnitt 5.5. Detta ska åtgärdas för att tillfredställande brandskydd ska uppnås.

### ***Bristfällig utrymningsväg i A-byggnadens källare***

Utrymningen från klassrummet i A-byggnadens källare är i dagsläget helt beroende av korridoren utanför. Detta beror på att stora brister observerades hos klassrummets andra utrymningsväg, fönstret som ska fungera som utrymningsfönster, se avsnitt 6.6. Detta är något som måste ses över och verksamheten i lokalen bör inte fortsätta förrän en lösning har tagits fram. Antingen måste de rör i taket som blockerar fönstret flyttas, eller fönster av annan modell installeras, förslagsvis utåtgående fönster. Innan detta utförts kan fönsterutrymningen inte anses vara tillfredsställande.

### ***Övning av fönsterutrymning***

Personalen på skolan ska utbildas kontinuerligt då deras agerande är en viktig faktor för huruvida utrymningen lyckas eller inte. Större förståelse av brandförlopp och utrymningsalternativ kan leda till att besluts- och reaktionstiderna kortas ner och därmed även den totala tiden för utrymning. Fler utrymningsövningar genom fönster bör utföras för att öka eleverns kunskap och säkerhet vid sådan.

### ***Kontroll av brandcellsörrar samt tillhörande dörrstängare***

Brandcellsgränser ska upprätthållas för att en säker utrymning ska kunna säkerställas på skolan. Örrar samt tillhörande dörrstängare i utrymningsvägar och mellan brandcellsgränser ska kontrolleras med jämna mellanrum. Ett flertal av dessa uppvisade brister vid kontroll i form av ofullständig stängning, se avsnitt 5.3.

### ***Underhåll av skyltar och vägledande markeringar***

Under studiebesöket observerades att skyltar samt vägledande markeringar behöver underhållas på ett bättre sätt. Några är i sådant skick att de inte längre fyller sin funktion. Skyltar var bland annat trasiga, överklottrade och ur position. Det förekom även att lampan i en upplyst utrymningsskylt var trasig, se avsnitt 5.1 och avsnitt 5.2. Skyltar och vägledande markeringar är en viktig del av brandskyddet i en byggnad och därför ska dessa rättas till för att ett tillfredställande brandskydd ska kunna erhållas.

### ***Undersökning av brandgasventilation***

I byggnad E finns en brandgaslucka monterad, se avsnitt 4.2.4. Denna är placerad i byggnadens mitt. Personal på plats var inte medveten om dess existens och i dagsläget är denna inte funktionell då luckan används som ett takfönster i vilket krukväxter har hängts upp. Brandgasluckan har förmodligen ingen större betydelse för utrymningsförloppet, dock bör det finnas en brandteknisk fördel med luckan då den en gång installerats på den aktuella platsen. Detta är dock inget som behandlats i rapporten då teknisk information över installationen saknas. En rekommendation är att undersöka brandgasluckans inverkan på ett brandförlopp samt se över det mekaniska skick den befinner sig i.

### ***Förreglering av utrymningsdörrar***

Då upplåsning och låsning av vissa utrymningsdörrar sker morgon och kväll är det viktigt att se till så att detta utförs korrekt. Förregling bör därför installeras på de utrymningsdörrar som varje dag ska låsas upp. Förreglingen kan kopplas till t.ex. lyset så att utrymningsdörrarna alltid låses upp och personer i berörda lokaler kan utrymma via dörrarna.

## **11.2 Åtgärdsförslag för brand i förråd vid träslöjdsal**

Vid en större brand i förrådet där korridoren snabbt rökfylls är det lämpligt att utrymning inte sker genom denna utan istället sker genom fönster och dörrar bort från korridoren. För att detta ska ske måste både lärare och elever veta hur de ska agera i en situation där korridoren är rökfylld. Efter analys av de resultat som tagits fram är de åtgärder som ska genomföras bland annat att alla dörrar mot korridoren ska stängas och utrymning bort från korridor ska ske. För att detta ska minst ett fönster i varje klassrum vara öppningsbara. Personer i klassrummen ska också vara medvetna om att det går att utrymma via fönster. Därför ska lämpliga utrymningsfönster installeras vilka är lätta att öppna samt lättåtkomliga från insidan. Utrymningsfönster ska också ha utrymningsskyltar. Dörren i fysiksalen som går direkt ut ska göras om till en utrymningsdörr för att underlätta utrymningen.

Installation av vägledande markering, nya lås samt nya handtag på de befintliga dörrarna och fönster rekommenderas. För att eleverna ska hinna utrymma i tid måste dörrarna till klassrummen vara stängda. En utrymningsövning bör också utformas för att kontrollera att personerna i klassrummen stänger dörrar till rökfyllda områden och att utrymma via fönster.

1. I fallet med textilsalen och planeringsrummet kommer personer här utrymma mot innergården, men då rökspridningen är snabb finns risken att de inte kan utrymma från innergården mot utgångarna. Rekommendationen är att de utrymmer till närliggande brandcell. En dörr ska därför placeras enligt Figur 11-1. Viktigt är att denna dörr är öppningsbar från båda håll så att personer som utrymmer via innergården inte fastnar här.

För att inte medföra en ökad risk för inbrott kan dessa dörrar ingå låsningsrutinerna som sker för andra utrymningsdörrar med då även med förreglering.



Figur 11-1 Förslag på installation av dörr.

Brand i förråd vid träslöjdsalen anses vara allvarligt på grund av den stora mängd brännbart material som återfinns i samma rum som spånsugen och därmed utgör en möjlig tändkälla. Speciellt de lättantändliga materialen i utrymmet, så som träspån, kan leda till att branden får fäste. Ett sätt att kraftigt reducera konsekvenserna är att separera spånsugen från det brännbara materialet. Detta kan göras genom att se till att spån aldrig lagras i utrymmet vilket skulle försvåra brandtillväxten. Dessutom borde inte elevers träslöjdsarbeten förvaras i anslutning till spånsugen.

En annan möjlighet för att minska konsekvenser av brand i förrådet är att förstärka dörren till korridoren eller göra förrådet vid träslöjdsalen till en egen brandcell. Detta kan kraftigt reducera brandgasspridningen till korridoren utanför och personer i klassrummen längs med korridoren kommer förmodligen inte behöva utrymma via fönster.

### 11.3 Åtgärdsförslag för brand på toalett

En detektor bör placeras alla toalettentréer enligt Figur 8-7 för att minska tiden till detektion av brand. Trots att kritiska siktförhållanden råder i korridoren utanför bildsalen anses det troligt att personer väljer att utrymma via detta utrymme. Det finns även en möjlighet för dessa att utrymma genom fönster i bildsalen.

### 11.4 Åtgärdsförslag för "Brand i kapprum"

För att personer som befinner sig i byggnad E ska kunna utrymma säkert via kapprummen, som är placerade i hörnorna i byggnaden, vid brand bör dörrarna till omkringliggande rum vara stängda för att begränsa brandgasspridning.

Om personer som befinner sig i hörnklassrummen inte kan ta sig ut ur lokalen vid händelse av brand i kapprummen strax utanför kommer de inte att hinna utrymma i tillräckligt god tid med dörren som enda utrymningsväg. Minst ett fönster i klassrummet måste därför gå att öppna. Att det ska finnas två oberoende utrymningsvägar är också en föreskrift i Boverkets byggregler för att personer som befinner sig i klassrummet ska ha en tillfredsställande möjlighet för utrymning.

Utrymningsskyltar ska installeras i anslutning till fönster. Dessutom bör övningar för fönsterutrymning genomföras för att upplysa elever och lärare om möjligheten att ta sig ut via dessa vägar samt se hur tillfredsställande utrymningsvägarna genom fönster fungerar.

## 11.5 Sammanfattning av åtgärdsförslag

Förslag på åtgärder som redovisats i avsnitt 12.4 ovan redovisas nedan som i en sammanfattande lista.

### ***Sammanfattning av åtgärder som ska genomföras:***

- Det ska installeras ett utrymningsfönster i de fyra hörnklassrummen i byggnad E.
- Det ska installeras ett utrymningsfönster i musik-, bild-, och textilsalen samt i planeringsrummet.
- Dörren i fysiksalen ska markeras med tillfredsställande utrymningsskyltar.
- Utrymningsfönstret i klassrummet i A-byggnadens källare ska vara öppningsbart.
- Det ska installeras en dörr i innergården så att personer i textilsalen och planeringsrummet kan utrymma vidare till annan brandcell.
- Föremål som blockerar släckutrustning eller utrymningsvägar ska plockas bort.
- Underhåll av branddörrar med tillhörande dörrstängare ska genomföras så att dessa går att stänga.

### ***Sammanfattning av åtgärder som bör genomföras:***

- Rutiner för utrymning genom fönster och stängning av alla dörrar som inte utryms genom bör införas.
- Förregling av de utrymningsdörrar som låses bör installeras.
- Det bör inte lagras spån i förrådet vid träslöjdsalen.
- Träslöjdsarbeten bör inte förvaras i anslutning till spånsugen.
- Dörren till förrådet vid träslöjdsalen bör vara en branddörr med dörrstängare och göra förrådet till en egen brandcell.
- Det bör installeras en rökdetektor i toalettentrén vid de södra utgångarna.
- Frejaskolan bör genomföra en utrymningsövning där eleverna övar på fönsterutrymning.

## 12 Referenser

- Andersson, B., Lundqvist, M., Jonsson, A., Sundin, S., Gell, T., Andersson, R. (2010). Vilka skolor har en ökad risk för anlagd brand? Karlstad: Myndigheten för samhällsskydd och beredskap.
- Andersson, O. (2011). Brandfara i bärbara datorer. Lunds Tekniska Högskola. Lund: LTH, Avd. f. brandteknik och riskhantering.
- Bengtsson, L-G. (2001). Inomhusbrand. Karlstad: Räddningsverket.
- Brandorsaksutredning, Dnr: 2010-000632/173:2. (2010). Sydöstra Skånes Räddningstjänstförbund.
- Boverkets byggregler, BRF 2011:6 (2011). Karlskrona: Boverket.
- Boverkets författningssamling BFS 2013:12, BBRAD 3 (2013). Karlskrona: Boverket.
- Boverkets författningssamling BFS 2013:11, BBRBE 1 (2013). Karlskrona: Boverket.
- Boverkets författningssamling BFS 2013:XX, BBE 1 (2013). Karlskrona: Boverket.
- Boverkets författningssamling BFS 2014:3, BBR 21 (2014). Karlskrona: Boverket.
- Boverkets författningssamling BFS 2015:3, BBR 22 (2015). Karlskrona: Boverket
- Brandskyddsföreningen. Elbränder. (Elektronisk). Tillgänglig: <<http://www.brandskyddsforeningen.se/pa-arbetet/valj-omrade-har/elbrander>> (2015-04-21).
- Delbro, D. & Heiman, J.(2005). Kolmonoxid – toxisk gas och... signalmolekyl med terapeutisk potential. Läkartidningen, vol: 101-102, nr: 9, ss. 642-647.
- Dittmer, T. & Jämtäng, U. (2006). Känslighetsanalys av FDS och dess undermodeller i ett tunnelsekscenario. Lunds Tekniska Högskola. Lund: LTH, Avd. f. brandteknik och riskhantering.
- Edström, E. & Ahnoff, M. (2013). Skola evakuerades efter brand. Norrköpings Tidningar. 2013-01-21.
- Eksjö kommun. Lagen om skydd mot olyckor – LSO. (Elektronisk). Tillgänglig: <[http://www.eksjo.se/saekerhet\\_trygghet/foeretag\\_och\\_organisationer/lagen\\_om\\_skydd\\_mot\\_olyckor\\_lso](http://www.eksjo.se/saekerhet_trygghet/foeretag_och_organisationer/lagen_om_skydd_mot_olyckor_lso)> (2015-04-21).
- Erlandsson, B. (2002). Brand i spånsug på skola. Kristianstadsbladet. 2002-06-27.
- Frantzich, H. (1994). A model for performance-based design of escape routes. Lunds Tekniska Högskola. Lund: LTH, Avd. f. brandteknik och riskhantering.
- Grundelius, D. (2013). Arbetsmiljö och säkerhet, Serverhallar. Thorén Innovation School.

- Jensen, L. (2002). Brandgasspridning via ventilationssystem. Lunds Tekniska Högskola. Lund: LTH, Avd. f. brandteknik och riskhantering.
- Karlsson, B. & Quintiere, J. (2000). Enclosure Fire Dynamics. London: CRC Press LLC.
- Karlsson, J. (2005). Dokumentation av brandskyddsarbetet på Frejaskolan. Gnesta: Frejaskolan.
- Klason, L-G., Johansson, N., Andersson, P. (2010). Dimensionerande brand: anlagda skolbränder. Borås: Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.
- McGrattan, K., Hostikka, S., McDermott, R., Floyd, Jason., Weinschenk, C., Overholt, K. (2014). Fire Dynamics Simulator User's Guide. Sixth Edition. Gaithersburg, USA: National Institute of Standards and Technology.
- Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. MSB:s statistik och analysverktyg IDA. (Elektronisk). Tillgänglig: <<http://ida.msb.se/ida2#page=a0109>> (2015-04-21).
- Nilsson, D. & Holmstedt, G. (2008). Kompendium i Aktiva system – Detektion. Lunds Tekniska Högskola. Lund: LTH, Avd. f. brandteknik och riskhantering.
- Nilsson, D. (2015-01-27) Bränder och människors beteende I. (Föreläsning). Lunds Tekniska Högskola. Lund: LTH, Avd. f. brandteknik och riskhantering.
- Nystedt, F. & Frantzich, H. (2011). Kvalitetsmanual för brandtekniska analyser vid svenska kärntekniska anläggningar – Rapport 3160. Lunds Tekniska Högskola. Lund: LTH, Avd. f. brandteknik och riskhantering.
- Olsson, D. (2013). Validering av utrymningsprogrammet Pathfinder – En jämförelse med Boverkets beräkningsmodell med avseende på utrymningstid. Luleå Tekniska Universitet, Luleå: LTU, Inst. f. samhällsbyggnad och naturresurser.
- Pathfinder User Manual. (2014). Manhattan, USA: Thunderhead Engineering.
- Plan- och byggförordningen, PBF 2011:338 (2011). Karlskrona: Boverket.
- SFS 2003:778. Lagen om skydd mot olyckor. Stockholm: Justitiedepartementet L4.
- Skolfastigheter i Stockholm AB. Fönsterutrymning befintliga förskolor. (Elektronisk). Tillgänglig: <[http://sisab.se/siteassets/vara-fastigheter/projekt/referenser/fonsterutrymning-\\_forskolor.pdf](http://sisab.se/siteassets/vara-fastigheter/projekt/referenser/fonsterutrymning-_forskolor.pdf)> (2015-04-21).
- Svensk ventilation. Från- och tilluftssystem. (Elektronisk). Tillgänglig: <<http://www.svenskventilation.se/ventilation/olika-satt-att-ventilera/fran-och-tilluftssystem/>> (2015-04-21).
- Utrymningsdimensionering (2006). Karlskrona: Boverket.
- Zalok, E. & Hadjisophocleous, G. (2007). Characterizing of design fires for clothing stores. Carleton University, Ottawa, Kanada: Dep. of Civil and Environmental Engineering.

# BILAGA 1 – BERÄKNING AV EFFEKTKURVA FÖR BRANDSCENARIO ”BRAND I FÖRRÅD VID TRÄSLÖJDSAL”

Nedan följer de antaganden och beräkningar som genomförts för framtagning av effektkurvan för brandscenariot som kan tänkas ske i förrådet vid träslöjden i byggnad C.

## B.1 Antaganden

Brandens tillväxt har ansatts till  $0,047 \text{ kW/s}^2$  då detta förespråkas för skolor (Karlsson et al., 2000). Maxeffekten togs fram genom beräkningar av mängden brinnande material och mängden syre som branden tillförs. Effekt per area ansattes till värde från Tabell 3.6 i (Karlsson et al., 2000). Här antogs att bränder på väggar har samma effekt som bränder på golv.

## B.2 Beräkningar

Ekvation B1.1 används för att beräkna den maximala effekten.

$$\dot{Q}_{max} = \dot{Q}'' * A \quad \text{Ekvation B1.1}$$

$\dot{Q}_{max} =$	Effekt	[kW]
$A =$	Area	[m <sup>2</sup> ]

Nedan följer beräkning av maxeffekten för en brand som inte är ventilationskontrollerad.

$$\dot{Q}_{max} = 2550 \text{ kW/m}^2 * 2,64 \text{ m}^2 \approx 6,7 \text{ MW}$$

Värdet  $2550 \text{ kW/m}^2$  kommer från en effekt då en yta på golv brinner, i detta fall trä. (Karlsson et al, 2000). I detta fall ansätts golv som en vägg.

Då branden befinner sig i ett litet rum kommer den troligtvis bli ventilationskontrollerad.

Nedan följer beräkning av maxeffekten för en brand som är ventilationskontrollerad. Ekvation B1.2 nedan visar ett förenklat uttryck för flöde in genom en öppning.

Förenklat uttryck för flöde in genom en öppning.

$$\dot{m}_a = 0,5 * A_{dörr} * \sqrt{H_o} \quad \text{Ekvation B1.2}$$

$\dot{m}_a =$	Massflöde	[kg/s]
$H_o =$	Höjd på dörren	[m]
$A_{dörr} =$	Area på dörren	[m <sup>2</sup> ]

$$\dot{m}_a = 0,5 * 2 * \sqrt{2} \approx 1,414$$

Maxeffekten kontrolleras av syretillförseln. Här används värdet  $13,1 \text{ MJ/kg}_{\text{O}_2}$  och  $0,23 \text{ kg}_{\text{O}_2}$  per kilo luft, vilket genom Ekvation B1.3 nedan ger effekten 4,26 MW.

$$\dot{Q}_{max} = (\dot{m}_a * 0,23) * 13,1 \quad \text{Ekvation B1.3}$$

$\dot{m}_a =$  Massflöde [kg/s]

$\dot{Q}_{max} =$  Effekt [kW]

$$\dot{Q}_{max} = (1,414 * 0,23) * 13,1 \approx 4,26 \text{ MJ/s}$$

Med hjälp av Ekvation B1.4 nedan beräknas tillväxtfasen för branden.

$$\dot{Q} = \alpha * t^2 \quad \text{Ekvation B1.4}$$

$\dot{Q} =$  Effekt [kW]

$\alpha =$  Tillväxthastighet [kW/s<sup>2</sup>]

$t =$  Tid [s]

$$4260 = 0,047 * t^2$$

$$t = 301 \text{ s}$$

På grund av den stora mängden bränsle i förrådet kommer branden pågå under en längre tid än vad som är intressant för utrymning. Detta gör att avsvlningskurvan inte är intressant och då inte beräknas för detta scenario.



## BILAGA 2 – BERÄKNING AV EFFEKTKURVA FÖR BRANDSCENARIO ”BRAND PÅ TOALETT”

Utgångspunkten för branden är att åtta kilo papper och tre kilo böcker börjar brinna. Detta är mycket material, men det bedöms att en person vars syfte är att anlägga en brand kommer använda sig av så mycket material som möjligt. Vid tillfälle för studiebesöket fanns dessutom lösa toalettrullar i varje toalettbås.



Figur B2-1 Effektkurva för brand på toalett.

Maxeffekten som branden ger upphov till är 500 kW. Detta värde kommer från approximerade värden från försök där olika mängder papper eldats (Klason et al, 2010). Tillväxthastigheten ansattes till snabb, ett värde på  $0,047 \text{ kW/s}^2$ , då detta är det rekommenderade värdet för skolor enligt (Karlsson et al, 2000). Enligt Ekvation B1.4 blir tiden fram till maxeffekten 103 sekunder.

$$500 = 0,047 * t^2$$

För att beräkna den totala mängden energi som finns i 11 kilo papper används en förbränningsentalpi på 20 MJ/kg (BFS 2013:XX). Förbränningseffektiviteten ansätts till 0,7 enligt (Bengtsson L-G, 2001). Ekvation B2.1 ger sedan den totala energimängden 154 000 kJ. Av dessa antas att 144 000 kJ går att ”utvinna” under steady-state, och 10 MJ under en linjär avsvlningsfas. Dessa antaganden görs för att få konservativa resultat, samt då nämnda delar av brandförloppet är väldigt oklara.

$$Q = X * \Delta H_c * m$$

Ekvation B2.1

Q =	Energiinnehåll	[kJ]
X=	Förbränningseffektivitet	[-]
$\Delta H_c =$	Förbränningsentalpi	[kJ/kg]
m =	Vikt	[kg]

För att beräkna ”Energimängd 1” enligt Figur B2-1 användes Ekvation B2.2. Denna ekvation erhöles genom att integrera Ekvation B1.4 med avseende på tiden. Tiden ansattes sedan till 103 sekunder och energimängden som försvinner till dess att branden når sin maxeffekt erhöles, vilket var 17120 kJ.

$$\dot{Q} = \frac{\alpha * t^3}{3} \quad \text{Ekvation B2.2}$$

$\dot{Q} =$	Effekt	[kW]
$\alpha =$	Tillväxthastighet	[kW/s <sup>2</sup> ]
$t =$	Tid	[s]

”Energimängd 2” är den energimängd som finns kvar i pappret efter det att branden når sin maxeffekt. Denna beräknas enligt Ekvation B2.3 och erhöles till 136 881 kJ.

$$Q_2 = Q_{tot} - Q_1 - Q_3 \quad \text{Ekvation B2.3}$$

$Q =$	Energimängd [kJ]
-------	------------------

”Energimängd 2” kommer förbrukas under en viss tid då branden har sin maxeffekt. Denna tid beräknas med hjälp av Ekvation B2.4 och erhöles till 253 sekunder.

$$t = \frac{Q}{\dot{Q}} \quad \text{Ekvation B2.4}$$

$t =$	Tid	[s]
$Q =$	Energimängd [kJ]	
$\dot{Q} =$	Effekt	[kW]

Energi som förbrukas under avsvlningsfasen antas vara 10 000 kJ. Tiden för avsvlningsfasen beräknas enligt nedan.

$$10\ 000\ kJ = \frac{500 * t}{2}$$

$$t = 40\ s$$

Den totala tiden för brandförloppet blir  $103 + 253 + 40 = 400$  sekunder.

# BILAGA 3 – BERÄKNING AV EFFEKTKURVA FÖR BRANDSCENARIO ”BRAND I KAPPRUM”

Nedan följer de antaganden och beräkningar som gjorts för framtagning av effektkurvan för brandscenariot som kan tänkas uppstå i kapprummet i byggnad E.

## B.1 Antaganden

Brandens tillväxt har ansatts till  $0,047 \text{ kW/s}^2$  enligt vad som förespråkas för skolor, se Tabell 3.7 i (Karlsson et al, 2000). Med hjälp av data från en rapport skriven av (Zalok et al, 2007) har maxeffekten för kläder som brinner tagits fram. I dessa experiment har 35 kg kläder använts, vilket ger en maxeffekt på 1500 kW.

## B.2 Beräkningar

Först beräknas tiden för tillväxtfasen enligt Ekvation B1.4

$$1500 = 0,047 * t^2$$
$$t = 180 \text{ s}$$

I nästa steg beräknas den energimängd som omfattas av tillväxtfasen. Detta görs genom att använda Ekvation B2.2.

$$\dot{Q} = \frac{0,047 * 180^3}{3} \approx 91 \text{ MJ}$$

Även mängden energi som kläderna kan tänkas innehålla beräknas. Här antas  $\Delta H_c$  till 20 MJ/kg enligt Boverket (2013). Förbränningseffektiviteten sätts till 0,7 enligt Tabell 5.13 i (Karlsson et al, 2000). Detta görs med hjälp av Ekvation B2.4.

$$Q = 0,7 * 20 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}} * 35 \text{ kg} = 490 \text{ MJ}$$

Detta innebär att ungefär 400 MJ motsvaras av energimängden under avsvlningsfasen. Av dessa 400 MJ antas 390 MJ vara under ”steady-state” och 10 MJ under en linjär avsvlningsfas. Detta antagande görs för konservativa resultat samt då dessa delar av brandförloppet är väldigt osäkra.

Den totala tiden för brandförloppet beräknas nu enligt nedan. Först beräknas tiden för ”steady-state”-fasen.

$$390\,000 \text{ kJ} = 1500 * t$$
$$t = 260 \text{ s} \approx 4,5 \text{ min}$$

Tiden för avsvlningsfasen beräknas sedan enligt nedan vilket ger  $t = 14$  sekunder. Den totala tiden för brandförloppet i effektkurvan blir därför cirka 8 minuter.

$$10\,000 \text{ kJ} = \frac{1500 * t}{2}$$



## BILAGA 4– RESULTAT

Bilaga 4 innefattar resultaten från simuleringarna i tabellformat där tider redovisas mer ingående.

### B4.1 Resultat av simulering för brandförloppet ”Brand i förråd vid träslöjdsalen”

Nedan följer resultat för brandförloppet ”Brand i förråd vid träslöjdsalen”.

#### Branddetektor

I simuleringarna placerades en branddetektor i rummet utanför toaletterna. Denna utlöser efter cirka 50 sekunder.

#### Sikt

Tiden till kritiska förhållanden för sikten erhöles genom tvärsnittsdata och linjerökmätare i FDS, se Bilaga 5. Kritiska förhållanden enligt BBRAD för sikt är 5 meter i utrymmen mindre än 100 m<sup>2</sup>.

#### Linjerökmätare

Först beräknades vilken procentuell siktnedsättning som behövdes för varje stråle för att sikten skulle vara 5 meter. För beräkning, se Bilaga 6. En jämförelse mellan denna procentuella försämring av sikten och utdatafilen kunde göras och en tid till kritiska förhållanden kunde erhållas. För resultat, se Tabell B4-1.

*Tabell B4-1 Resultat för tiden till kritiska förhållanden med avseende på sikten med linjerökmätare för olika utrymmen i byggnad C.*

Placering	Procentuell siktnedsättning [%]	Tid till kritiska förhållanden [s]
Korridor utanför Textilsal	11,3	50
Korridor utanför Planeringsrum	11,3	50
Korridor utanför Träslöjd	11,3	70
Korridor utanför Fysiksal	11,3	50
Korridor utanför Musiksal	11,3	80
Korridor utanför Bildsal	11,3	70
Passage till Byggnad A	19,1	110
Utgångar Söder	30,2	120
Textilsal	41,9	130
Planeringsrum	30,8	140
Träslöjdsal	42,5	150
Fysiksal	46,0	140
Musiksal	38,1	170
Bildsal	53,4	160

### **Tvårsnittsdata**

Tvårsnittsdata erhöjls från smokeviewfilen i FDS. Resultatet för tvårsnittsdata redovisas i Tabell B4-2 nedan.

Tabell B4-2 Resultat för tiden till kritiska förhållanden med avseende på sikten med tvårsnittsdata för olika utrymmen i byggnad C.

Placering	Tid till kritiska förhållanden [s]
Korridor utanför Textilsal	70
Korridor utanför Planeringsrum	70
Korridor utanför Träslöjd	100
Korridor utanför Fysiksal	170 <sup>1</sup>
Korridor utanför Musiksal	170
Korridor utanför Bildsal	100
Passage till Byggnad A	160
Utgångar Söder	210
Textilsal	230
Planeringsrum	210
Träslöjdsal	250
Fysiksal	250
Musiksal	270
Bildsal	220

### **Temperatur**

Tiden till kritiska förhållanden för temperaturen beräknades i FDS. Kritiska förhållanden enligt BBRAD för temperatur är 80 °C i ansiktshöjd. Ansiktshöjd anses ligga på höjden 1.6 meter. Resultatet redovisas i Tabell B4-3.

Tabell B4-3 Resultat för tiden till kritiska förhållanden med avseende på temperaturen i olika utrymmen i byggnad C.

Placering	Tid till kritiska förhållanden [s]
Korridor utanför Textilsal	90
Korridor utanför Planeringsrum	90
Korridor utanför Träslöjd	160
Korridor utanför Fysiksal	240 <sup>1</sup>
Korridor utanför Musiksal	280
Korridor utanför Bildsal	160
Passage till Byggnad A	310
Utgångar Söder	Uppnås inte
Textilsal	Uppnås inte
Planeringsrum	Uppnås inte
Träslöjdsal	Uppnås inte
Fysiksal	Uppnås inte
Musiksal	Uppnås inte
Bildsal	Uppnås inte

<sup>1</sup> Kritiska förhållande uppnås i större delen av korridoren även om det inte uppnåts i dörröppningen.

### **Brandgaslagrets höjd**

Tiden till kritiska förhållanden för brandgaslagrets höjd beräknades i FDS. Kritiska förhållanden enligt BBRAD för höjd på brandgaslagret är att det inte får överstiga 1.84 meter. Resultatet visas i Tabell B4-4 nedan.

*Tabell B4-4 Resultat för tiden till kritiska förhållanden med avseende på brandgaslagrets höjd för olika utrymmen i byggnad C.*

Placering	Tid till kritiska förhållanden [s]
Korridor utanför Textilsal	50
Korridor utanför Planeringsrum	50
Korridor utanför Träslöjd	50
Korridor utanför Fysiksal	50
Korridor utanför Musiksal	80
Korridor utanför Grupprum	80
Korridor utanför Bildsal	70
Passage till Byggnad A	110
Utgångar Söder	140
Textilsal	170
Planeringsrum	160
Träslöjdsal	160
Fysiksal	140
Musiksal	190
Bildsal	150

## Toxicitet

Tiden till kritiska förhållanden för toxicitet erhöles i FDS. Kritiska förhållanden enligt BBRAD för toxicitet uppstår då halten O<sub>2</sub> understiger 15 % i inandningsluften, halten CO överstiger 2000 ppm och halten CO<sub>2</sub> överstiger 5 %. Resultatet redovisas i Tabell B4-5.

Tabell B4-5 Resultat för tiden till kritiska förhållanden med avseende på olika toxiska gaser i olika utrymmen i byggnad C.

Placering	Tid till kritiska förhållanden för O <sub>2</sub> [s]	Tid till kritiska förhållanden för CO [s]	Tid till kritiska förhållanden för CO <sub>2</sub> [s]
Korridor utanför Textilsal	270	140	290
Korridor utanför Planeringsrum	270	140	290
Korridor utanför Träslöjd	Uppnås inte	190	Uppnås inte
Korridor utanför Fysiksal	Uppnås inte	270 <sup>1</sup>	Uppnås inte
Korridor utanför Musiksal	Uppnås inte	240	Uppnås inte
Korridor utanför Bildsal	Uppnås inte	190	Uppnås inte
Passage till Byggnad A	Uppnås inte	230	Uppnås inte
Utgångar Söder	Uppnås inte	310	Uppnås inte
Textilsal	Uppnås inte	320	Uppnås inte
Planeringsrum	Uppnås inte	290	Uppnås inte
Träslöjdsal	Uppnås inte	350	Uppnås inte
Fysiksal	Uppnås inte	Uppnås inte	Uppnås inte
Musiksal	Uppnås inte	380	Uppnås inte
Bildsal	Uppnås inte	310	Uppnås inte

<sup>1</sup>Kritiska förhållande uppnås i större delen av korridoren även om det inte uppnåts i dörröppningen.

## B4.2 Resultat av utrymningsförlopp för brand i förråd vid träslöjdsal för brandförlopp "Brand i förråd vid träslöjdsal"

I Tabell B4-6 nedan går tider att avläsas för utrymningsens tre faser; varseblivningsfasen, förberedelsefasen och förflyttningsfasen. Både de simulerade och de handberäknade tiderna för förflyttningen finns redovisade i denna tabell. Rökdetektorn i entrén utanför toaletterna kommer att utlösa efter 46 sekunder, se Tabell B4-6. Detta innebär en varseblivningstid på 60 sekunder. Förberedelse tiden i skolor ansätts till 60 sekunder i enlighet med Boverket (2006). I samma tabell redovisas även den totala utrymningstiden för scenario 1 och scenario 2.

Tabell B4-6 visar den tid det tar att utrymma respektive klassrum då utrymning sker bort från korridoren för samtliga klassrum. Detta är intressant i utrymningsscenario 3 då personerna i samtliga klassrum väljer att i största möjliga mån undvika att utrymma via den rökfyllda korridoren.



Tabell B4-6 Tabellen redovisar tiden för utrymning ur respektive rum för scenario 3.

Lokal	Varseblivnings-tid [s]	Förberedelse-tid [s]	Omställnings-tid[s]	Förflyttning s-tid, Simulering [s]	Förflyttning s-tid, Handberäkning [s]	Total tid, Simulering [s]	Total tid, Handberäkning [s]
<b>Bildsal</b>	46	60	30	43	73	<b>179</b>	<b>209</b>
<b>Fysiksal</b>	46	60	30	33	54	<b>169</b>	<b>190</b>
<b>Textilsal</b>	46	60	30	49	102	<b>185</b>	<b>238</b>
<b>Planeringsrum</b>	46	60	30	13	49	<b>149</b>	<b>157</b>
<b>Träslöjd</b>	46	60	30	47	95	<b>183</b>	<b>231</b>
<b>Musiksal</b>	46	60	30	49	78	<b>185</b>	<b>213</b>

Tabell B4-7 visar tiden det tar för personerna i textilsalen och planeringsrummet att ta sig till Korridor 2 och Korridor 3. Personerna måste passera någon av dessa korridorer för att sig ut ur skolan. För resultat se Tabell B4-8.

Tabell B4-7 Tabellen visar den totala utrymningstiden fram till Korridor 2 och Korridor 3.

Lokal	Varseblivning s-tid [s]	Förberedelse-tid [s]	Omställnings-tid[s]	Förflyttning s-tid, Simulering [s]	Förflyttning s-tid, Handberäkning [s]	Total tid, Simulering [s]	Total tid, Handberäkning [s]
<b>Textilsal</b>	46	60	30	69	102	<b>205</b>	<b>238</b>
<b>Planeringsrum</b>	46	60	30	23	49	<b>159</b>	<b>185</b>

I simulering 3 och simulering 4 är uppställningen identisk med undantag för att ett fönster öppnas i träslöjdsalen i scenario 3 vilket utrymning istället sker genom. I scenario 4 utrymmer personerna i träslöjdsalen genom dörren till det fria som finns i fysiksalen. Personerna antas vilja utrymma direkt via denna utrymningsdörr därför kommer ingen omställningstid ansättas. Se Tabell B4-8.

Tabell B4-8 Tabellen visar utrymningstiden ur respektive rum för scenario 4.

Lokal	Varseblivnings-tid [s]	Förberedelse-tid [s]	Omställnings-tid[s]	Förflyttning s-tid, Simulering [s]	Förflyttning s-tid, Handberäkning [s]	Total tid, Simulering [s]	Total tid, Handberäkning [s]
<b>Fysiksal</b>	46	60		65	54	<b>171</b>	<b>160</b>
<b>Träslöjd</b>	46	60		65	114	<b>171</b>	<b>220</b>

### B4.3 Resultat av känslighetsanalys med öppet fönster och öppen dörr för brandförlopp "Brand i förråd vid träslöjdsal"

Nedan följer resultaten för simulering av brandförloppet "Brand i förråd vid träslöjdsal" då dörren till Klassrummen hålls öppna, och ett fönster i varje klassrum öppnas 90 sekunder efter detektion. Resultaten nedan presenterar tiden till kritiska förhållanden för Klassrum E8.

#### **Sikt**

Tiden till kritiska förhållanden för sikten erhöles genom tvärsnittsdata och linjerökmätare i FDS i FDS, se Bilaga 6. Kritiska förhållanden enligt BBRAD för sikt är 5 meter i utrymmen mindre än 100 m<sup>2</sup>.

#### **Linjerökmätare**

Först beräknades vilken procentuell siktnedsättning som behövdes för varje stråle för att sikten skulle vara 5 meter. För beräkning, se Bilaga 6. En jämförelse mellan denna procentuella försämring av sikten och utdatafilen kunde göras och en tid till kritiska förhållanden kunde erhållas. För resultat, se Tabell B4-9.

*Tabell B4-9 Resultat över tid till kritiska förhållanden över sikten med linjerökmätare. Tiden inom parentes motsvarar värdet för grundsimuleringen.*

Rum	Procentuell siktnedsättning [%]	Tid till kritiska förhållanden [s]
Textilsal	42	160 (130)
Planeringsrum	31	160 (140)
Träslöjdsal	43	150 (150)
Fysiksal	46	140 (140)
Musiksal	38	180 (170)
Bildsal	53	170 (160)

### **Tvårsnittsdata**

Tvårsnittsdata erhöjls från smokeviewfilen i FDS. Resultatet av denna redovisas i Tabell B4-10 nedan.

*Tabell B4-10 Resultat över tid till kritiska förhållanden över sikten med "tvårsnittsdata". Tiden inom parantes motsvarar värdet för grundsimuleringen.*

Rum	Tid till kritiska förhållanden [s]
Textilsal	240 (230)
Planeringsrum	230 (220)
Träslöjdsal	260 (260)
Fysiksal	270 (260)
Musiksal	280 (280)
Bildsal	230 (220)

### **Temperatur**

Tiden till kritiska förhållanden för temperaturen erhöjls i FDS. Kritiska förhållanden enligt BBRAD för temperatur är 80 °C i ansiktshöjd. Ansiktshöjd anses ligga på höjden 1.6 meter. Resultatet redovisas i Tabell B4-11.

*Tabell B4-11 Resultat över tiden till kritiska förhållanden för temperaturen. Tiden inom parantes motsvarar värdet för grundsimuleringen.*

Rum	Tid till kritiska förhållanden [s]
Textilsal	Uppnås inte (Uppnås inte)
Planeringsrum	Uppnås inte (Uppnås inte)
Träslöjdsal	Uppnås inte (Uppnås inte)
Fysiksal	Uppnås inte (Uppnås inte)
Musiksal	Uppnås inte (Uppnås inte)
Bildsal	Uppnås inte (Uppnås inte)

### **Brandgaslagrets höjd**

Tiden till kritiska förhållanden för brandgaslagrets höjd erhöles i FDS. Kritiska förhållanden enligt BBRAD för höjd på brandgaslaget är att det inte får överstiga 1.84 meter. Resultatet redovisas i Tabell B4-12.

*Tabell B4-12 Resultat över tid till kritiska förhållanden för brandgaslagrets höjd. Tiden inom parentes motsvarar värdet för grundsimuleringen.*

Rum	Tid till kritiska förhållanden [s]
Textilsal	170 (170)
Planeringsrum	160 (160)
Träslöjdsal	160 (170)
Fysiksal	150 (140)
Musiksal	200 (200)
Bildsal	160 (170)

### **Toxicitet**

Tiden till kritiska förhållanden för toxicitet erhöles i FDS. Kritiska förhållanden enligt BBRAD för toxicitet uppstår då halten O<sub>2</sub> understiger 15 % i inandningsluften, halten CO överstiger 2000 ppm och halten CO<sub>2</sub> överstiger 5 %. Resultatet redovisas i Tabell B4-13.

*Tabell B4-13 Resultat över tid till kritiska förhållanden för olika toxiska gaser. Tiden inom parentes motsvarar värdet för grundsimuleringen.*

Rum	Tid till kritiska förhållanden för O <sub>2</sub> [s]	Tid till kritiska förhållanden för CO. [s]	Tid till kritiska förhållanden för CO <sub>2</sub> . [s]
Textilsal	Uppnås inte (Uppnås inte)	330 (340)	Uppnås inte (Uppnås inte)
Planeringsrum	Uppnås inte (Uppnås inte)	290 (290)	Uppnås inte (Uppnås inte)
Träslöjdsal	Uppnås inte (Uppnås inte)	370 (340)	Uppnås inte (Uppnås inte)
Fysiksal	Uppnås inte (Uppnås inte)	Uppnås inte (Uppnås inte)	Uppnås inte (Uppnås inte)
Musiksal	Uppnås inte (Uppnås inte)	390 (Uppnås inte)	Uppnås inte (Uppnås inte)
Bildsal	Uppnås inte (Uppnås inte)	320 (320)	Uppnås inte (Uppnås inte)

## B4.4 Resultat av känslighetsanalys med öppet fönster och stängd dörr för brandförlopp ”Brand i förråd vid träslöjdsal”

Resultaten för simulering av brandförloppet ”Brand i förråd vid träslöjdsal” då dörrarna till klassrummen hålls stängda, och ett fönster som öppnas 90 sekunder efter diskussion.

### **Sikt**

Tiden till kritiska förhållanden för sikten togs fram genom tvärsnittsdata och linjerökmätare i FDS, se Bilaga 5. Kritiska förhållanden enligt BBRAD för sikt är 5 meter i utrymmen mindre än 100 m<sup>2</sup>.

### **Linjerökmätare**

Först beräknades vilken procentuell siktnedsättning som behövdes för varje stråle för att sikten skulle vara 5 meter. För beräkning, se Bilaga 6. En jämförelse mellan denna procentuella försämring av sikten och utdatafilen kunde göras och en tid till kritiska förhållanden kunde erhållas. För resultat, se Tabell B4-14.

*Tabell B4-14 Resultat över tid till kritiska förhållanden över sikten med linjerökmätare. Tiden inom parantes motsvarar värdet för grundsimuleringen.*

Rum	Procentuell siktnedsättning [%]	Tid till kritiska förhållanden [s]
Textilsal	42	160 (130)
Planeringsrum	31	190 (140)
Träslöjdsal	43	160 (150)
Fysiksal	46	150 (140)
Musiksal	38	200 (170)
Bildsal	53	160 (160)
Utrymning från innergård till Korridor 2	11	100
Utrymning från innergård till Korridor 3	11	100

### **Tvårsnittsdata**

Tvårsnittsdata erhöjls från smokeviewfilen i FDS. För resultat se Tabell B4-15.

*Tabell B4-15 Resultat över tid till kritiska förhållanden över sikten med "tvårsnittsdata". Tiden inom parantes motsvarar värdet för grundsimuleringen.*

Rum	Tid till kritiska förhållanden [s]
Textilsal	270 (230)
Planeringsrum	250 (220)
Träslöjdsal	270 (260)
Fysiksal	250 (260)
Musiksal	300 (280)
Bildsal	250 (220)
Utrymning från innergård till Korridor 2	190
Utrymning från innergård till Korridor 3	150

### **Temperatur**

Tiden till kritiska förhållanden för temperaturen erhöjls i FDS. Kritiska förhållanden enligt BBRAD för temperatur är 80 °C i ansiktshöjd. Ansiktshöjd anses ligga på höjden 1.6 meter. För resultat se Tabell B4-17.

*Tabell B4-17 Resultat över tiden till kritiska förhållanden för temperaturen. Tiden inom parantes motsvarar värdet för grundsimuleringen.*

Rum	Tid till kritiska förhållanden [s]
Textilsal	Uppnås inte (Uppnås inte)
Planeringsrum	Uppnås inte (Uppnås inte)
Träslöjdsal	Uppnås inte (Uppnås inte)
Fysiksal	Uppnås inte (Uppnås inte)
Musiksal	Uppnås inte (Uppnås inte)
Bildsal	Uppnås inte (Uppnås inte)
Utrymning från innergård till Korridor 2	Uppnås inte
Utrymning från innergård till Korridor 3	300

### **Brandgaslagrets höjd**

Tiden till kritiska förhållanden för brandgaslagrets höjd erhöles i FDS. Kritiska förhållanden enligt BBRAD för höjd på brandgaslaget är att det inte får överstiga 1.84 meter. För resultat se Tabell B4-16.

*Tabell B4-16 Resultat över tid till kritiska förhållanden för brandgaslagrets höjd. Tiden inom parentes motsvarar värdet för grundsimuleringen.*

Rum	Tid till kritiska förhållanden [s]
Textilsal	180 (170)
Planeringsrum	170 (160)
Träslöjdsal	160 (170)
Fysiksal	150 (140)
Musiksal	200 (200)
Bildsal	170 (170)
Utrymning från innergård till Korridor 2	140
Utrymning från innergård till Korridor 3	110

### **Toxicitet**

Tiden till kritiska förhållanden för toxicitet erhöles i FDS. Kritiska förhållanden enligt BBRAD för toxicitet uppstår då halten O<sub>2</sub> understiger 15 % i inandningsluften, halten CO överstiger 2000 ppm och halten CO<sub>2</sub> överstiger 5 %. För resultat, se Tabell B4-18.

*Tabell B4-18 Resultat över tid till kritiska förhållanden för olika toxiska gaser. Tiden inom parantes motsvarar värdet för grundsimuleringen.*

Rum	Tid till kritiska förhållanden för O <sub>2</sub> . [s]	Tid till kritiska förhållanden för CO. [s]	Tid till kritiska förhållanden för CO <sub>2</sub> . [s]
<b>Textilsal</b>	Uppnås inte (Uppnås inte)	380 (340)	Uppnås inte (Uppnås inte)
<b>Planeringsrum</b>	Uppnås inte (Uppnås inte)	320 (290)	Uppnås inte (Uppnås inte)
<b>Träslöjdsal</b>	Uppnås inte (Uppnås inte)	400 (340)	Uppnås inte (Uppnås inte)
<b>Fysiksal</b>	Uppnås inte (Uppnås inte)	Uppnås inte (Uppnås inte)	Uppnås inte (Uppnås inte)
<b>Musiksal</b>	Uppnås inte (Uppnås inte)	390 (Uppnås inte)	Uppnås inte (Uppnås inte)
<b>Bildsal</b>	Uppnås inte (Uppnås inte)	370 (320)	Uppnås inte (Uppnås inte)
<b>Utrymning från innergård till Korridor 2</b>	Uppnås inte (Uppnås inte)	250 (Uppnås inte)	Uppnås inte (Uppnås inte)
<b>Utrymning från innergård till Korridor 3</b>	390 (Uppnås inte)	220 (Uppnås inte)	Uppnås inte (Uppnås inte)



## B4.5 Sammanställning av resultat från känslighetsanalys ”Brand i förråd vid träslöjdsal”

Sammanställning av resultat för känslighetsanalys med öppen dörr och öppet fönster. Tid till kritiska förhållande jämförs med tid för utrymning. För resultat se Tabell B4-19.

Tabell B4-19 Resultat över tidsmarginal vid utrymning vid öppen dörr och öppet fönster.

	$t_{\text{kritiska förhållanden}}$ [s]	$t_{\text{varseblivning}}$ [s]	$t_{\text{förberedelse}}$ [s]	$t_{\text{omställning}}$ [s]	$t_{\text{förflyttning}}$ [s]	$t_{\text{marginal}}$ [s]
<b>Textilsal</b>	160	50	60	30	45	<b>- 25</b>
<b>Planeringsrum</b>	160	50	60	30	35	<b>- 15</b>
<b>Träslöjdsal</b>	150	50	60	30	50	<b>- 40</b>
<b>Fysiksal</b>	140	50	60	30	15	<b>- 15</b>
<b>Musiksal</b>	180	50	60	30	50	<b>- 10</b>
<b>Bildsal</b>	160	50	60	30	50	<b>- 30</b>

Sammanställning av resultat för känslighetsanalys med stängd dörr och öppet fönster. Tid till kritiska förhållande jämförs med tid för utrymning. För resultat, se tabell B4-20 och B4-21.

Tabell B4-20 Resultat för tidsmarginal till utrymning vid stängd dörr och öppet fönster.

	$t_{\text{kritiska förhållanden}}$ [s]	$t_{\text{varseblivning}}$ [s]	$t_{\text{förberedelse}}$ [s]	$t_{\text{omställning}}$ [s]	$t_{\text{förflyttning}}$ [s]	$t_{\text{marginal}}$ [s]
<b>Textilsal</b>	160	50	60	30	45	<b>-25</b>
<b>Planeringsrum</b>	170	50	60	30	35	<b>-5</b>
<b>Träslöjdsal</b>	160	50	60	30	50	<b>-30</b>
<b>Fysiksal</b>	150	50	60	30	15	<b>-5</b>
<b>Musiksal</b>	200	50	60	30	45	<b>15</b>
<b>Bildsal</b>	160	50	60	30	50	<b>-30</b>

Tabell B4-21 Resultat för tidsmarginal till utrymning vid stängd dörr och öppet fönster.

Lokal	$t_{\text{kritiska förhållanden}}$ [s]	$t_{\text{varseblivning}}$ [s]	$t_{\text{förberedelse}}$ [s]	$t_{\text{omställning}}$ [s]	$t_{\text{förflyttning}}$ [s]	$t_{\text{marginal}}$ [s]
Korridor 2	100	50	60	30	70	- 110
Korridor 3	100	50	60	30	25	- 65

## B4.6 Resultat av simulering för brandförloppet "Brand på toalett"

Nedan följer resultat för brandförloppet "Brand på toalett". Tiden till dess att kritiska förhållanden uppnås presenteras för de två södra utgångarna, toalettentrén samt i korridor 1 utanför bildsalen.

### Branddetektor

I simuleringar placerades en branddetektor i rummet utanför toaletterna. Denna utlöser efter cirka 37 sekunder.

### Sikt

Tiden till kritiska förhållanden för sikten erhöles genom tvärsnittsdata och linjerökmätare i FDS, se Bilaga 5. Kritiska förhållanden enligt BBRAD för sikt är att denna ej får understiga 5 meter i utrymmen mindre än 100 m<sup>2</sup>.

### Linjerökmätare

Först beräknades vilken procentuell siktnedsättning som behövdes för varje stråle för att sikten skulle vara 5 meter. För beräkning, se Bilaga 6. En jämförelse mellan denna procentuella försämring av sikten och utdatafilen kunde göras och en tid till kritiska förhållanden kunde erhållas. För resultat, se Tabell B4-22.

Tabell B4-22 Resultat över tiden till kritiska förhållanden för sikten med linjerökmätare i olika utrymmen i byggnad C.

Rum	Procentuell siktnedsättning [%]	Tid till kritiska förhållanden [s]
Toaletter	30	20
Utgångar Söder	30	70
Utanför Bildsal	10	110

### **Tvårsnittsdata**

Tvårsnittsdata erhöjls från smokeviewfilen i FDS. För resultat se Tabell B4-23.

*Tabell B4-23 Resultat över tiden till kritiska förhållanden för sikten med tvårsnittsdata i olika utrymmen i Byggnad C.*

Rum	Tid till kritiska förhållanden [s]
Toaletter	50
Utgångar Söder	160
Utanför Bildsal	130

### **Temperatur**

Tiden till kritiska förhållanden för temperatur erhöjls i FDS. Kritiska förhållanden enligt BBRAD för temperatur är 80 °C i ansiktshöjd. Ansiktshöjd anses ligga på höjden 1.6 meter. För resultat se Tabell B4-24.

*Tabell B4-24 Resultat över tider till kritiska förhållanden för temperatur i olika utrymmen i Byggnad C.*

Rum	Tid till kritiska förhållanden [s]
Toaletter	70
Utgångar Söder	Uppnås inte
Utanför Bildsal	Uppnås inte

### **Brandgaslagrets höjd**

Tiden till kritiska förhållanden för brandgaslagrets höjd erhöjls i FDS. Kritiska förhållanden enligt BBRAD för höjd på brandgaslagret är att det inte får överstiga 1.84 meter. För resultat, se Tabell B4-25.

*Tabell B4-25 Resultat över tider till kritiska förhållanden för brandgaslagrets höjd i olika utrymmen i byggnad C.*

Rum	Tid till kritiska förhållanden [s]
Toaletter	70
Utgångar Söder	70
Utanför Bildsal	110

### Toxicitet

Tiden till kritiska förhållanden för toxicitet erhöles i FDS. Kritiska förhållanden enligt BBRAD för toxicitet uppstår då halten O<sub>2</sub> understiger 15 % i inandningsluften, halten CO överstiger 2000 ppm och halten CO<sub>2</sub> överstiger 5 %. För resultat se Tabell B4-26.

Tabell B4-26 Resultat över tider till kritiska förhållanden för olika toxiska gaser i olika utrymmen i byggnad C.

Rum	Tid till kritiska förhållanden för O <sub>2</sub> . [s]	Tid till kritiska förhållanden för CO. [s]	Tid till kritiska förhållanden för CO <sub>2</sub> . [s]
Toaletter	150	Uppnås inte	180
Utgångar Söder	Uppnås inte	Uppnås inte	Uppnås inte
Utanför Bildsal	Uppnås inte	Uppnås inte	Uppnås inte

### B4.7 Resultat över utrymningsförlopp för brandförloppet "Brand på toalett"

I Tabell B4-27 nedan går tider att avläsas för utrymningens tre faser; varseblivning-, förberedelse- och förflyttningssfasen.

Tabell B4-27 Resultat över utrymningstider.

	Varseblivningstid [s]	Förberedelse tid [s]	Förflyttningstid, Simulering [s]	Förflyttningstid, Handberäkning [s]	Total tid, Simulering [s]	Total tid, Handberäkning [s]
Personer i bildsalen	37	60	30	42	127	139

### B4.8 Sammanställning av resultat för "Brand på toalett"

I Tabell B4-28 kommer tiden till kritiska förhållande jämföras med tiden det tar att utrymma bildsalen. Den negativa tiden innebär att personerna inte hinner utrymma i tid.

Tabell B4-28 Sammanställning av resultat för "Brand på toalett"

Utrymningsförlopp	t <sub>kritiska förhållande</sub> [s]	t <sub>varseblivning</sub> [s]	t <sub>förberedelse</sub> [s]	t <sub>förflyttning</sub> [s]	t <sub>marginal</sub> [s]
Eleverna i bildsalen	110	40	60	30	-20

## B4.9 Resultat för känslighetsanalys för brandförloppet "Brand på toalett"

När rökdetektor placerades som i Figur 8-7 utlöste denna efter 24 sekunder.

## B4.10 Sammanställning av resultat för känslighetsanalys i "Brand på toalett"

I Tabell B4-29 kommer tiden till kritiska förhållande jämföras med tiden det tar att utrymma bildsalen. Den negativa tiden innebär att personerna inte hinner utrymma i tid.

Tabell B4-29 Resultat över utrymningsförlopp.

Utrymningsförlopp	$t_{\text{kritiska förhållande}}$ [s]	$t_{\text{varseblivning}}$ [s]	$t_{\text{förberedelse}}$ [s]	$t_{\text{förflyttning}}$ [s]	$t_{\text{marginal}}$ [s]
Eleverna i bildsalen	111	24	60	30	-3

## B4.11 Resultat av simulering för brandförloppet "Brand i kapprum"

Nedan följer resultat för brandförloppet "Brand i kapprum". Tiden till kritiska förhållanden kommer presenteras för de två kapprummen, passagen till byggnad A, samt de tre klassrummen.

### Branddetektor

I simuleringar placerades en branddetektor i Kapprum E2. Denna utlöser efter cirka 30 sekunder.

### Sikt

Tiden till kritiska förhållanden för sikten erhöles genom tvärsnittsdata och linjerökmätare i FDS, se Bilaga 5. Kritiska förhållanden enligt BBRAD för sikt är 5 meter i utrymmen mindre än 100 m<sup>2</sup>.

### **Linjerökmätare**

Först beräknades vilken procentuell siktnedsättning som behövdes för varje stråle för att sikten skulle vara 5 meter. För beräkning, se Bilaga 6. En jämförelse mellan denna procentuella försämring av sikten och utdatafilen kunde göras och en tid till kritiska förhållanden kunde erhållas. För resultat, se Tabell B4-30.

*Tabell B4-30 Resultat för tiden till kritiska förhållanden med avseende på sikten hämtat från linjerökmätare för olika utrymmen i byggnad E.*

Rum	Procentuell siktnedsättning [%]	Tid till kritiska förhållanden [s]
Kapprum E2	45	40
Passage till Byggnad A	28	100
Klassrum E8	36	120
Klassrum E68	29	160
Klassrum E66	30	230
Kapprum E59	36	200

### **Tvärsnittsdata**

Tvärsnittsdata erhöles från smokeviewfilen i FDS. För resultat se Tabell B4-31.

*Tabell B4-31 Resultat för tiden till kritiska förhållanden med avseende på sikten hämtat från "tvärsnittsdata" för olika utrymmen i byggnad E.*

Rum	Tid till kritiska förhållanden [s]
Kapprum E2	90
Passage till Byggnad A	120
Klassrum E8	150
Klassrum E68	190
Klassrum E66	300
Kapprum E59	240

### **Temperatur**

Tiden till kritiska förhållanden för temperatur erhöles i FDS. Kritiska förhållanden enligt BBRAD för temperatur är 80 °C i ansiktshöjd. Ansiktshöjd anses ligga på höjden 1.6 meter. För resultat se Tabell B4-32.

*Tabell B4-32 Resultat för tiden till kritiska förhållanden med avseende på temperaturen i olika utrymmen i byggnad E.*

Rum	Tid till kritiska förhållanden [s]
Kapprum E2	120
Passage till Byggnad A	170
Klassrum E8	Uppnås inte
Klassrum E68	Uppnås inte
Klassrum E66	Uppnås inte
Kapprum E59	Uppnås inte

### **Brandgaslagrets höjd**

Tiden till kritiska förhållanden för brandgaslagrets höjd erhöles i FDS. Kritiska förhållanden enligt BBRAD för höjd på brandgaslagret är att det inte får överstiga 1.84 meter. För resultat se Tabell B4-33.

*Tabell B4-33 Resultat för tiden till kritiska förhållanden med avseende på brandgaslagrets höjd för olika utrymmen i byggnad E.*

Rum	Tid till kritiska förhållanden [s]
Kapprum E2	90
Passage till Byggnad A	110
Klassrum E8	160
Klassrum E68	190
Klassrum E66	Uppnås inte
Kapprum E59	230

### **Toxicitet**

Tiden till kritiska förhållanden för erhålls i FDS. Kritiska förhållanden enligt BBRAD för toxicitet uppstår då halten O<sub>2</sub> understiger 15 % i inandningsluften, halten CO överstiger 2000 ppm och halten CO<sub>2</sub> överstiger 5 %. För resultat se Tabell B4-34.

*Tabell B4-34 Resultat för tiden till kritiska förhållanden med avseende på olika toxiska gaser i olika utrymmen i byggnad A.*

Rum	Tid till kritiska förhållanden för O <sub>2</sub> . [s]	Tid till kritiska förhållanden för CO. [s]	Tid till kritiska förhållanden för CO <sub>2</sub> . [s]
Kapprum E2	210	150	350
Passage till A-huset	Uppnås inte	200	Uppnås inte
Klassrum E8	Uppnås inte	250	Uppnås inte
Klassrum E68	Uppnås inte	310	Uppnås inte
Klassrum E66	Uppnås inte	Uppnås inte	Uppnås inte
Kapprum E59	Uppnås inte	430	Uppnås inte

### **B4.12 Resultat över utrymningsförlopp för brandförloppet ”Brand i kapprum”**

I tabellen nedan redovisas tiderna för utrymningens tre faser; varseblivningsfasen, förberedelsefasen samt förflyttningsfasen. Både de simulerade och de handberäknade tiderna för förflyttningen finns redovisade denna tabell.

Rökdetektorn i entrén utanför toaletterna kommer att utlösa efter 30 sekunder, se Tabell B4-35. Detta innebär en varseblivningstid på 30 sekunder. Förberedelsetiden i skolor ansätts till 60 sekunder efter Boverket (2004).

*Tabell B4-35 Tabellen visar resultaten för de olika simuleringarnas utrymningstider. En jämförelse görs mellan simuleringar och handberäkningar.*

	Varseblivning [s]	Förberedelse [s]	Förflyttning/ Simulering [s]	Förflyttning/ Handberäkning [s]	Totalt/Simulering [s]	Totalt/Handberäkning [s]
<b>Simulering 1</b>	30	60	79	141	<b>169</b>	<b>231</b>
<b>Simulering 2</b>	30	60	137	334	<b>227</b>	<b>424</b>
<b>Fönsterutrymning</b>	30	60	-	30 + 46 = 76		<b>166</b>



## B4.13 Sammanställning av resultat för brandförloppet ”Brand i kapprum”

I Tabell B4-36 kommer tiden till kritiska förhållande jämföras med tiden det tar att utrymma via kapprum E59.

Tabell B4-36 Sammanställning av resultat för ”Brand i kapprum”.

Utrymningsförlopp	$t_{\text{kritiska förhållande}}$ [s]	$t_{\text{varseblivning}}$ [s]	$t_{\text{förberedelse}}$ [s]	$t_{\text{förflyttning}}$ [s]	$t_{\text{marginal}}$ [s]
Utrymningsförlopp 2	200	30	60	230	-120

## B4.14 Resultat av känslighetsanalys med stängda dörrar mellan Kapprum E2 och Kapprum E59 brandförloppet ”Brand i kapprum”

Resultat för brandförloppet ”Brand i kapprum” då dörrarna till Studieyta E53. Då det ofta finns springor vid dörrar har det antagits att en mindre öppning existerar. Resultaten nedan presenterar tiden till kritiska förhållanden för Kapprum E59. Förutom de dörrar som stängts, se avsnitt 10.10.1, råder samma förhållande som vid grundscenariot. Värdena inom parentes motsvarar de kritiska värdena för grundscenariot.

### Sikt

Tiden till kritiska förhållanden för sikten erhöles genom tvärsnittsdata och linjerökmätare i FDS, se Bilaga 5. Kritiska förhållanden enligt BBRAD för sikt är 5 meter i utrymmen mindre än 100 m<sup>2</sup>.

### Linjerökmätare

Först beräknades vilken procentuell siktnedsättning som behövdes för varje stråle för att sikten skulle vara 5 meter. För beräkning, se Bilaga 6. En jämförelse mellan denna procentuella försämring av sikten och utdatafilen kunde göras och en tid till kritiska förhållanden kunde erhållas. För resultat, se Tabell B4-37.

Tabell B4-37 Resultat över tid till kritiska förhållanden över sikten med linjerökmätare. Tiden inom parentes motsvarar värdet för grundsimuleringen.

Rum	Procentuell siktnedsättning [%]	Tid till kritiska förhållanden [s]
Kapprum E59	36	320 (200)

### **Tvårsnittsdata**

Tvårsnittsdata erhöjls från smokeviewfilen i FDS. För resultat se Tabell B4-38.

*Tabell B4-38 Resultat över tid till kritiska förhållanden över sikten med tvårsnittsdata. Tiden inom parantes motsvarar värdet för grundsimuleringen.*

Rum	Tid till kritiska förhållanden [s]
Kapprum E59	420 (240)

### **Temperatur**

Tiden till kritiska förhållanden erhöjls genom tvårsnittsdata i FDS. Kritiska förhållanden enligt BBRAD för temperatur är 80 °C i ansiktshöjd. Ansiktshöjd anses ligga på höjden 1.6 meter. För resultat se Tabell B4-39.

*Tabell B4-39 Resultat över tiden till kritiska förhållanden för temperaturen. Tiden inom parantes motsvarar värdet för grundsimuleringen.*

Rum	Tid till kritiska förhållanden [s]
Kapprum E59	Uppnås inte (Uppnås inte)

### **Brandgaslagrets höjd**

Tiden till kritiska förhållanden för brandgaslagrets höjd erhöjls i FDS. Kritiska förhållanden enligt BBRAD för höjd på brandgaslagret är att det inte får överstiga 1.84 meter. För resultat se Tabell B4-43.

*Tabell B4-40 Resultat över tid till kritiska förhållanden för brandgaslagrets höjd. Tiden inom parantes motsvarar värdet för grundsimuleringen.*

Rum	Tid till kritiska förhållanden [s]
Kapprum E59	Uppnås inte (230)

### **Toxicitet**

Tiden till kritiska förhållanden för toxicitet erhöles i FDS. Kritiska förhållanden enligt BBRAD för toxicitet uppstår då halten O<sub>2</sub> understiger 15 % i inandningsluften, halten CO överstiger 2000 ppm och halten CO<sub>2</sub> överstiger 5 %. För resultat se Tabell B4-41.

*Tabell B4-41 Resultat över tid till kritiska förhållanden för olika toxiska gaser. Tiden inom parantes motsvarar värdet för grundsimuleringen.*

Rum	Tid till kritiska förhållanden för O <sub>2</sub> . [s]	Tid till kritiska förhållanden för CO. [s]	Tid till kritiska förhållanden för CO <sub>2</sub> . [s]
Kaprum E59	Uppnås inte (Uppnås inte)	Uppnås inte (430)	Uppnås inte (Uppnås inte)

### **B4.15 Resultat av känslighetsanalys med öppet fönster och öppen dörr för brandförloppet ”Brand i kaprum”**

Brandförloppet ”Brand i kaprum” då dörren till Klassrum E8 hålls öppet, och ett fönster som öppnas efter 120 sekunder. Resultaten nedan presenterar tiden till kritiska förhållanden för Klassrum E8.

#### **Sikt**

Tiden till kritiska förhållanden för sikten erhöles genom tvärsnittsdata och linjerökmätare i FDS, se Bilaga 5. Kritiska förhållanden för sikt är 5 meter i utrymmen mindre än 100 m<sup>3</sup>, enligt BBRAD.

#### **Linjerökmätare**

Först beräknades vilken procentuell siktnedsättning som behövdes för varje stråle för att sikten skulle vara 5 meter. För beräkning, se Bilaga 6. En jämförelse mellan denna procentuella försämring av sikten och utdatafilen kunde göras och en tid till kritiska förhållanden kunde erhållas. För resultat, se Tabell B4-42.

*Tabell B4-42 Resultat över tid till kritiska förhållanden över sikten med linjerökmätare. Tiden inom parantes motsvarar värdet för grundsimuleringen.*

Rum	Tid till kritiska förhållanden [s]
Klassrum E8	120 (120)

### **Tvårsnittsdata**

Tvårsnittsdata erhöles från smokeviewfilen i FDS. För resultat se Tabell B4-43.

*Tabell B4-43 Resultat över tid till kritiska förhållanden över sikten med tvårsnittsdata. Tiden inom parentes motsvarar värdet för grundsimuleringen.*

Rum	Tid till kritiska förhållanden [s]
Klassrum E8	150 (150)

### **Temperatur**

Tiden till kritiska förhållanden för temperatur erhöles i FDS. Kritiska förhållanden enligt BBRAD för temperatur är 80 °C i ansiktshöjd. Ansiktshöjd anses ligga på höjden 1.6 meter. För resultat se Tabell B4-44.

*Tabell B4-44 Resultat över tiden till kritiska förhållanden för temperaturen. Tiden inom parentes motsvarar värdet för grundsimuleringen.*

Rum	Tid till kritiska förhållanden [s]
Klassrum E8	Uppnås inte (Uppnås inte)

### **Brandgaslagrets höjd**

Tiden till kritiska förhållanden för brandgaslagrets höjd erhöles i FDS. Kritiska förhållanden enligt BBRAD för höjd på brandgaslagret är att det inte får överstiga 1.84 meter. För resultat se Tabell B4-45.

*Tabell B4-45 Resultat över tid till kritiska förhållanden för brandgaslagrets höjd. Tiden inom parentes motsvarar värdet för grundsimuleringen.*

Rum	Tid till kritiska förhållanden [s]
Klassrum E8	160 (160)

### **Toxicitet**

Tiden till kritiska förhållanden för toxicitet erhöles i FDS. Kritiska förhållanden enligt BBRAD för toxicitet uppstår då halten O<sub>2</sub> understiger 15 % i inandningsluften, halten CO överstiger 2000 ppm och halten CO<sub>2</sub> överstiger 5 %. För resultat se Tabell B4-46.

*Tabell B4-46 Resultat över tid till kritiska förhållanden för olika toxiska gaser. Tiden inom parantes motsvarar värdet för grundsimuleringen.*

Rum	Tid till kritiska förhållanden för O <sub>2</sub> . [s]	Tid till kritiska förhållanden för CO. [s]	Tid till kritiska förhållanden för CO <sub>2</sub> . [s]
Klassrum E8	Uppnås inte (Uppnås inte)	250 (250)	Uppnås inte (Uppnås inte)

### **B4.16 Resultat av känslighetsanalys med öppet fönster och stängd dörr för brandförloppet ”Brand i kapprum”**

Brandförloppet ”Brand i kapprum” då dörren till Klassrum E8 hålls stängt, och ett fönster som öppnas efter 120 sekunder. Resultaten nedan presenterar tiden till kritiska förhållanden för Klassrum E8.

### **Sikt**

Tiden till kritiska förhållanden för sikten erhöles genom tvärsnittsdata och linjerökmätare i FDS se Bilaga 5. Kritiska förhållanden för sikt är 5 meter i utrymmen mindre än 100 m<sup>2</sup>, enligt BBRAD.

### **Linjerökmätare**

Först beräknades vilken procentuell siktnedsättning som behövdes för varje stråle för att sikten skulle vara 5 meter. För beräkning, se Bilaga 6. En jämförelse mellan denna procentuella försämring av sikten och utdatafilen kunde göras och en tid till kritiska förhållanden kunde erhållas. För resultat, se Tabell B4-47.

*Tabell B4-47 Resultat över tid till kritiska förhållanden över sikten med linjerökmätare. Tiden inom parantes motsvarar värdet för grundsimuleringen.*

Rum	Tid till kritiska förhållanden [s]
Klassrum E8	130 (120)

### **Tvärsnittsdata**

Tvärsnittsdata erhöles från smokeviewfilen i FDS. För resultat se Tabell B4-48.

*Tabell B4-48 Resultat över tid till kritiska förhållanden över sikten med tvärsnittsdata. Tiden inom parantes motsvarar värdet för grundsimuleringen.*

Rum	Tid till kritiska förhållanden [s]
Klassrum E8	170 (150)

### **Temperatur**

Tiden till kritiska förhållanden för temperatur erhöles i FDS. Kritiska förhållanden enligt BBRAD för temperatur är 80 °C i ansiktshöjd. Ansiktshöjd anses ligga på höjden 1.6 meter. För resultat se Tabell B4-49.

*Tabell B5-49 Resultat över tiden till kritiska förhållanden för temperaturen. Tiden inom parantes motsvarar värdet för grundsimuleringen.*

Rum	Tid till kritiska förhållanden [s]
Klassrum E8	Uppnås inte (Uppnås inte)

### **Brandgaslagrets höjd**

Tiden till kritiska förhållanden för brandgaslagrets höjd erhöles i FDS. Kritiska förhållanden enligt BBRAD för höjd på brandgaslagret är att det inte får överstiga 1.84 meter. För resultat se Tabell B4-50.

*Tabell B4-50 Resultat över tid till kritiska förhållanden för brandgaslagrets höjd. Tiden inom parantes motsvarar värdet för grundsimuleringen.*

Rum	Tid till kritiska förhållanden [s]
Klassrum E8	180 (160)

### **Toxicitet**

Tiden till kritiska förhållanden för toxicitet erhöles i FDS. Kritiska förhållanden enligt BBRAD för toxicitet uppstår då halten O<sub>2</sub> understiger 15 % i inandningsluften, halten CO överstiger 2000 ppm och halten CO<sub>2</sub> överstiger 5 %. För resultat se Tabell B4-51.

*Tabell B4-51 Resultat över tid till kritiska förhållanden för olika toxiska gaser. Tiden inom parantes motsvarar värdet för grundsimuleringen.*

Rum	Tid till kritiska förhållanden för O <sub>2</sub> . [s]	Tid till kritiska förhållanden för CO. [s]	Tid till kritiska förhållanden för CO <sub>2</sub> . [s]
Klassrum E8	Uppnås inte (Uppnås inte)	300 (250)	Uppnås inte (Uppnås inte)

## B4.17 Sammanställning av resultat av känslighetsanalys för "Brand i kapprum"

I Tabell B4-52 kommer tiden till kritiska förhållande jämföras med tiden det tar att utrymma via kapprum E59 med stängda dörrar mellan Kapprum E2 och Kapprum E59.

Tabell B4-52 Sammanställning av känslighetsanalys med stängda dörrar mellan Kapprum E2 och Kapprum E59.

Utrymningsförlopp	$t_{kritiska\ förhållande}$ [s]	$t_{varseblivning}$ [s]	$t_{förberedelse}$ [s]	$t_{förflyttning}$ [s]	$t_{marginal}$ [s]
<b>Utrymningsförlopp 2</b>	320	30	60	230	0

Sammanställning av resultat för känslighetsanalys med öppen dörr och öppet fönster. Tid till kritiska förhållande jämförs med tid för utrymning. För resultat se Tabell B4-53.

Tabell B4-53 Resultat över tidsmarginal vid utrymning vid öppen dörr och öppet fönster.

Utrymningsförlopp	$t_{kritiska\ förhåll.}$ [s]	$t_{varseblivning}$ [s]	$t_{förberedelse}$ [s]	$t_{omställning}$ [s]	$t_{förflyttning}$ [s]	$t_{marginal}$ [s]
<b>Fönsterutrymning</b>	120	30	60	30	45	- 45

Sammanställning av resultat för känslighetsanalys med stängd dörr och öppet fönster. Tid till kritiska förhållande jämförs med tid för utrymning. För resultat se Tabell B4-53.

Tabell B4-53. Resultat över tidsmarginal vid utrymning vid öppen dörr och öppet fönster

Utrymningsförlopp	$t_{kritiska\ förhåll.}$ [s]	$t_{varseblivning}$ [s]	$t_{förberedelse}$ [s]	$t_{omställning}$ [s]	$t_{förflyttning}$ [s]	$t_{marginal}$ [s]
<b>Fönsterutrymning</b>	130	30	60	30	45	- 35





# BILAGA 5 - SIMULERINGSPROGRAM

Nedan redovisas de olika simuleringsprogram som används i rapporten.

## B.1 FDS

Fire Dynamics Simulator (FDS) är en CFD-modell som The National Institute of Standards and Technology, NIST, har utvecklat för simulering av branddrivna flöden. Modellen bygger på numeriska lösningar av en form av Navier-Stokes ekvationerna, vilka är lämpliga för termiskt drivna flöden med låga hastigheter, där huvudvikten ligger på transporten av rök och värme från bränder (McGrattan et al., 2014).

I FDS dimensioneras önskade utrymmen och den totala volymen delas sedan upp i ett antal mindre volymer, även kallat celler eller beräkningsnät. I varje cell löses sedan de olika kontinuitetsekvationerna. Desto mindre celler som används för simuleringarna, desto noggrannare blir beräkningarna, och förutsatt att indata håller bra kvalitet fås mer noggranna resultat. Då storleken på cellerna blir väldigt små krävs ett större antal för att fylla ut den totala volymen. Detta i sin tur innebär att den totala simuleringstiden blir längre då beräkningarna blir väldigt kapacitetskrävande (Dittmer, T. et al., 2006).

För visualisering av simuleringsresultaten som tas fram i FDS används programmet Smokeview.

### B.1.1 Termer i FDS

Nedan följer en kortare förklaring över de termer som används i FDS och i denna rapport. Informationen kommer från FDS User Guide av NIST.

- **Linjerökmätare (Beam Detection Systems)**

I denna rapport och dess simuleringar i FDS har linjerökmätare använts för att analysera hur sikten påverkas av de olika brandförloppen. "Beam" är det engelska ordet för stråle och de olika linjerökmätarna är instrument i FDS som mäter ljusintensiteten i en stråle. Dessa olika strålmätare definieras genom ändpunkterna  $(x_1, y_1, z_1)$  och  $(x_2, y_2, z_2)$  samt en total procentuell siktnedsättning. På detta sätt går det att mäta efter vilken tid kritiska förhållanden uppnås för sikten i utrymmet.

- **Tvärsnittsdata (Slice file)**

Det som i FDS kallas för "slice file" är en grupp parametrar som ger information om kvantiteter för olika gasfaser. Det går bland annat att få ut mycket information om temperatur, hastighet och turbulensen i ett utrymme, och hur dessa varierar med bland annat tid och höjd. De fungerar som genomskärningar i ett visst plan där önskad information går att hämta.

## B.3 Pyrosim

Vid dimensionering av utrymmen används programmet Pyrosim som är ett grafiskt användargränssnitt till FDS. Programmet gör det möjligt för användaren att bygga upp och sätta ut egenskaper på önskade dimensioner. Detta innebär att den tidskrävande proceduren med att skriva koder för dimensionering av valda utrymmen undviks.

## **B.4 Pathfinder**

Pathfinder är ett program för utrymningssimulering och som är kopplat till Pyrosim. Programmet gör det möjligt att placera ut människor i önskade utrymmen och ge dem olika karakteristiska drag. Bland annat är det möjligt att ansätta värden som beskriver storlek, gånghastighet och vilken prioritering personen har. Det är även möjligt att beskriva hur personen ska bete sig med avseende på val av utrymningsväg och liknande. Ur programmet går det sedan att avläsa tiden för utrymning för vidare analys av utrymningssäkerheten (Thunderhead Engineering, 2014).

## BILAGA 6 – FDS-SIMULERINGAR

I denna bilaga redovisas de beräkningar och resultat som tagits fram i samband med programmet FDS.

### Beräkningsmetodik för procentuell siktnedsättning med linjerökmätare

Nedan redovisas beräkningsmetodiken för framtagning av den procentuella siktnedsättningen för de olika ”linjerökmätare” som installerats i simuleringarna. Första steget var att beräkna vilken optisk densitet som fem meter sikt innebär. Detta genomfördes med hjälp av Ekvation B6.1 (Nilsson, D. et al., 2008).

$$D_{L,10log} = \frac{\log(10)}{sikt} \quad \text{Ekvation B6.1}$$

$$\begin{aligned} D_{L,10log} &= \text{optisk densitet} && [m^{-1}] \\ sikt &= \text{sikt} && [m] \end{aligned}$$

Sikten som användes i beräkningarna var 5 meter. Den optiska densiteten som erhöles var  $0.2 \text{ m}^{-1}$ . Den procentuella siktnedsättningen beräknades sedan med hjälp av Ekvation B6.2.

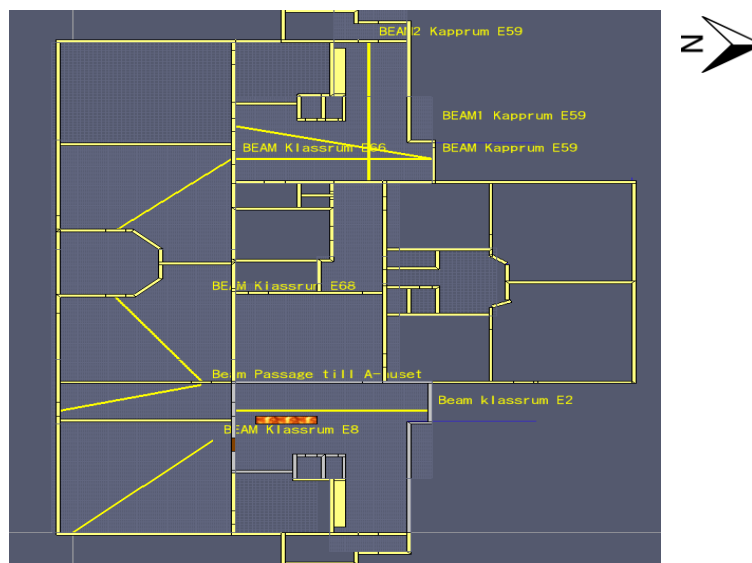
$$D_{L,10log} = -10 * \frac{1}{l} * \log \frac{I}{I_0} \quad \text{Ekvation B6.2}$$

$$\begin{aligned} D_{L,10log} &= \text{optisk densitet} && [m^{-1}] \\ l &= \text{längd mellan mottagarna} && [m] \\ \frac{I}{I_0} &= \text{procentuell siktnedsättning} && [\%] \end{aligned}$$

När beräkningen av  $\frac{I}{I_0}$  var gjord subtraherades denna med 1 för att en jämförelse skulle kunna genomföras med utdatafilen då den procentuella siktnedsättningen i denna utgår från 0 % men från 100 % i handberäkningarna.

## Beräkning - Linjerökmätare/Byggnad E

För översiktsbild av placeringen av linjerökmätare, se Figur B6-1.



Figur B6-1 Översiktsbild över utsatta linjerökmätare i byggnad E.

### Beräkning – Linjerökmätare/Kapprum E2

Längden mellan mottagarna var i detta fall 9,4 meter. Med hjälp av Ekvation B6.2 kunde den procentuella siktnedsättningen erhållas till 45 %. Sedan jämfördes denna procentuella siktnedsättning med utdata.

### Beräkning – Linjerökmätare/Passage till byggnad A

Längden mellan mottagarna var i detta fall 7,2 meter. Med hjälp av Ekvation B6.2 kunde den procentuella siktnedsättningen erhållas till 28 %. Sedan jämfördes denna procentuella siktnedsättning med utdata.

### Beräkning – Linjerökmätare/Klassrum E8

Längden mellan mottagarna var i detta fall 9,7 meter. Med hjälp av Ekvation B6.2 kunde den procentuella siktnedsättningen erhållas till 36 %. Sedan jämfördes denna procentuella siktnedsättning med utdata.

### Beräkning – Linjerökmätare/Klassrum E68

Längden mellan mottagarna var i detta fall 7,4 meter. Med hjälp av Ekvation B6.2 kunde den procentuella siktnedsättningen erhållas till 29 %. Sedan jämfördes denna procentuella siktnedsättning med utdata.

### Beräkning – Linjerökmätare/Klassrum E66

Längden mellan mottagarna var i detta fall 7,6 meter. Med hjälp av Ekvation B6.2 kunde den procentuella siktnedsättningen erhållas till 30 %. Sedan jämfördes denna procentuella siktnedsättning med utdata.

### **Beräkning – Linjerökmätare/Kaprum E59**

Längden mellan mottagarna var i detta fall 10,2 meter. Med hjälp av Ekvation B6.2 kunde den procentuella siktnedsättningen erhållas till 37,5 %. Sedan jämfördes denna procentuella siktnedsättning med utdata.

### **Beräkning - Linjerökmätare/Byggnad C/Toalettbrand**

Nedan följer beskrivning av beräkning för procentuell siktnedsättning.

### **Beräkning – Linjerökmätare/Toaletter**

Längden mellan mottagarna var i detta fall 7,5 meter. Med hjälp av Ekvation B6.2 kunde den procentuella siktnedsättningen erhållas till 29 %. Sedan jämfördes denna procentuella siktnedsättning med utdata.

### **Beräkning – Linjerökmätare/ Vid utgångar i söder**

Längden mellan mottagarna var i detta fall 7,8 meter. Med hjälp av Ekvation B6.2 kunde den procentuella siktnedsättningen erhållas till 30,2 %. Sedan jämfördes denna procentuella siktnedsättning med utdata.

### **Beräkning – Linjerökmätare/Utanför bildsal**

Längden mellan mottagarna var i detta fall 3,2 meter. Med hjälp av Ekvation B6.2 kunde den procentuella siktnedsättningen erhållas till 13,2 %. Sedan jämfördes denna procentuella siktnedsättning med utdata.

### **Beräkning – Linjerökmätare/Byggnad C/Brand i förråd vid träslöjdsal**

Nedan följer beskrivning av beräkning för procentuell siktnedsättning.

### **Beräkning – Linjerökmätare/Korridor utanför textilsal**

Längden mellan mottagarna var i detta fall 2,6 m. Med hjälp av Ekvation B6.2 kunde den procentuella siktnedsättningen erhållas till 11,3 %. Sedan jämfördes denna procentuella siktnedsättning med utdata.

### **Beräkning – Linjerökmätare/Korridor utanför planeringsrum**

Längden mellan mottagarna var i detta fall 2,6 m. Med hjälp av Ekvation B6.2 kunde den procentuella siktnedsättningen erhållas till 11,3 %. Sedan jämfördes denna procentuella siktnedsättning med utdata.

### **Beräkning – Linjerökmätare/Korridor utanför träslöjdsal**

Längden mellan mottagarna var i detta fall 2,6 m. Med hjälp av Ekvation B6.2 kunde den procentuella siktnedsättningen erhållas till 11,3 %. Sedan jämfördes denna procentuella siktnedsättning med utdata och tiden till kritiskt förhållande kunde erhållas till 66 sekunder.

### **Beräkning – Linjerökmätare/Korridor utanför fysiksal**

Längden mellan mottagarna var i detta fall 2,6 m. Med hjälp av Ekvation B6.2 kunde den procentuella siktnedsättningen erhållas till 11,3 %. Sedan jämfördes denna procentuella siktnedsättning med utdata.

### **Beräkning – Linjerökmätare/Korridor utanför musiksal**

Längden mellan mottagarna var i detta fall 2,6 m. Med hjälp av Ekvation B6.2 kunde den procentuella siktnedsättningen erhållas till 11,3 %. Sedan jämfördes denna procentuella siktnedsättning med utdata.

### **Beräkning – Linjerökmätare/Korridor utanför grupprum**

Längden mellan mottagarna var i detta fall 2,6 m. Med hjälp av Ekvation B6.2 kunde den procentuella siktnedsättningen erhållas till 11,3 %. Sedan jämfördes denna procentuella siktnedsättning med utdata.

### **Beräkning – Linjerökmätare/Korridor utanför bildsal**

Längden mellan mottagarna var i detta fall 2,6 m. Med hjälp av Ekvation B6.2 kunde den procentuella siktnedsättningen erhållas till 11,3 %. Sedan jämfördes denna procentuella siktnedsättning med utdata.

### **Beräkning – Linjerökmätare/Passagen till byggnad A**

Längden mellan mottagarna var i detta fall 4,6 m. Med hjälp av Ekvation B6.2 kunde den procentuella siktnedsättningen erhållas till 19,1 %. Sedan jämfördes denna procentuella siktnedsättning med utdata.

### **Beräkning – Linjerökmätare/Utgångar Söder**

Längden mellan mottagarna var i detta fall 7,8 m. Med hjälp av Ekvation B6.2 kunde den procentuella siktnedsättningen erhållas till 30,2 %. Sedan jämfördes denna procentuella siktnedsättning med utdata.

### **Beräkning – Linjerökmätare/Textilsal**

Längden mellan mottagarna var i detta fall 11,8 m. Med hjälp av Ekvation B6.2 kunde den procentuella siktnedsättningen erhållas till 41,9 %. Sedan jämfördes denna procentuella siktnedsättning med utdata.

### **Beräkning – Linjerökmätare/Planeringsrum**

Längden mellan mottagarna var i detta fall 8 m. Med hjälp av Ekvation B6.2 kunde den procentuella siktnedsättningen erhållas till 30,6 %. Sedan jämfördes denna procentuella siktnedsättning med utdata.

### **Beräkning – Linjerökmätare/Träslöjdsal**

Längden mellan mottagarna var i detta fall 12 m. Med hjälp av Ekvation B6.2 kunde den procentuella siktnedsättningen erhållas till 42,5 %. Sedan jämfördes denna procentuella siktnedsättning med utdata.

### **Beräkning – Linjerökmätare/Fysiksal**

Längden mellan mottagarna var i detta fall 13,4 m. Med hjälp av Ekvation B6.2 kunde den procentuella siktnedsättningen erhållas till 46 %. Sedan jämfördes denna procentuella siktnedsättning med utdata.

### **Beräkning – Linjerökmätare/Musiksal**

Längden mellan mottagarna var i detta fall 10,4 m. Med hjälp av Ekvation B6.2 kunde den procentuella siktnedsättningen erhållas till 30,2 %. Sedan jämfördes denna procentuella siktnedsättning med utdata.

### **Beräkning – Linjerökmätare/Bildsal**

Längden mellan mottagarna var i detta fall 16,6 m. Med hjälp av Ekvation B6.2 kunde den procentuella siktnedsättningen erhållas till 53,4 %. Sedan jämfördes denna procentuella siktnedsättning med utdata.





## BILAGA 7 – BERÄKNING AV FÖRFLYTTNINGSTID

Förflyttningstiden har tagit fram delvis med hjälp av Pathfinder men även utifrån handberäkningar och på så sätt har en jämförande analys kunnat göras mellan de två metodernas resultat. I denna bilaga redovisas beräkningsgången för handberäkningarna. All information nedan är hämtat ur Boverket (2006) om inte annat anges i texten.

### Metod för beräkning

Förflyttningstiden kan beräknas utifrån ekvationerna nedan.

$$t_{g\ddot{a}ng} = \frac{L}{v} \quad \text{Ekvation B7.1}$$

$$t_{d\ddot{o}rr} = \frac{N}{B \cdot f} \quad \text{Ekvation B7.2}$$

- L är avståndet till utgången [m],
- v är den aktuella gånghastigheten för personen [m/s],
- N är antalet personer som ska passera en dörr [-],
- B är öppningens bredd [m],
- F är det dimensionerade personflödet genom dörren [personer/s\*m]

Tiden  $t_{g\ddot{a}ng}$  definieras som den längsta tid det tar att förflytta sig genom ett utrymme till en dörr, och den tid det tar att passera genom själva dörren definieras som  $t_{d\ddot{o}rr}$ . Då personer inte är jämt fördelade i lokalen ska förflyttningstiden beräknas som summan av  $t_{g\ddot{a}ng}$  och  $t_{d\ddot{o}rr}$ .

Vid följande beräkningar har gånghastigheten satts till 0,5 m/s, vilket är något lägre än den rekommenderade hastigheten på 0,6 m/s för personer som förflyttas i horisontalled i lokaler med hög persontäthet. Detta baseras på att barn ofta har en lägre gånghastighet än vuxna samt att de rum som ska utrymmas är i många fall möblerade med bord och stolar på ett sådant sätt att utrymningen förhindras. Vid hög persontäthet rekommenderas även ett personflöde på 1,2 personer/s\*m vilket har använts vid beräkningarna. Värdena motsvarar personer som trängs i en kö.

Det personflöde som användes genom fönster vid fönsterutrymning hämtades ur *A model for performance-based design of escape routes* av Frantzich (1994) och låg på 0,56 personer/sekund.

Dörrbredden är en meter på samtliga dörrar i byggnaden, vilket ger bredden två meter på dubbeldörrarna. Vid fönsterutrymning är fönsterbredden satt till 0,8 meter då detta är standardmått.

I klassrummen antas det befinna sig runt 25 elever och en lärare, dock med vissa variationer. Då en del personer antas vistas på toaletterna har några av klassrummen färre elever.

## Handberäkning av förflyttningstider

Först presenteras handberäkningarna för de utrymningsscenarier som kan tänkas uppstå i byggnad C följt av de som kan tänkas uppstå i byggnad E, se kapitel 8.7, 9.7 samt 10.7. För att underlätta förståelsen av beräkningarna rekommenderas det att följa de ritningar som finns i rapportens objektsbeskrivning, se kapitel 3.

### Scenario 1 – Brand i förråd vid träslöjdsal

Nedan följer handberäkningar för de olika utrymningsscenarier som uppstår vid en brand i förråd vid träslöjdsalen.

#### *Simulering 1*

I simulering 1 sker utrymning från samtliga lokaler i brandcellen till korridoren och därifrån vidare till närmaste utrymningsväg.

Musiksalen och träslöjdsalen anländer ungefär samtidigt till utrymningsdörren och då det är stora grupper personer kan det därför antas uppstå stockning vid denna.

#### ***Musiksal C163, 25 elever, 1 lärare***

1. Gång till dörr ut ur salen  $(13,5/0,5) = 27$  s
2. Genom dörr till korridor 3  $(26/(1*1,2)) = 22$  s
3. Gång genom korridor 3 till utrymningsdörr  $(17/0,5) = 34$  s
4. Utrymning genom utrymningsdörr  $(26/(2*1,2)) = 11$  s

*Total utrymningstid: 94 sekunder*

#### ***Träslöjdsal C169, 24 elever, 1 lärare:***

1. Gång genom C169 till dörr  $(12/0,5) = 24$  s
2. Genom dörr till korridor 3  $(25/(1*1,2)) = 21$  s
3. Gång korridor 3 till utrymningsdörr  $(29/0,5) = 58$  s

*Total förflyttningstid: 103 sekunder*

Genom utrymningsdörr  $(51/(2*1,2)) = 22$  s

*Total utrymningstid: 103+22 = 125 sekunder*

#### ***Studievägledning C189, 1 person:***

1. Gång genom C189 till dörr  $(5,5/0,5) = 11$  s
2. Genom dörr till korridor 2  $(1/(1*1,2)) = 1$  s
3. Genom korridor 2 till utrymningsdörr  $(3,5/0,5) = 7$  s
4. Genom utrymningsdörr  $(1/(2*1,2)) = 1$  (avrundas uppåt till närmaste positiva heltal)

*Total utrymningstid: 20 sekunder*

**Toalett C193 vid studievägledningen, 1 person**

1. Från toalett till dörr ( $1/0,5$ ) = 2 s
2. Genom dörr till korridor 2 ( $1/(1*1,2)$ ) = 1 s
3. Genom korridor 2 till utrymningsdörr ( $10/0,5$ ) = 20 s
4. Genom utrymningsdörr ( $1/(2*1,2)$ ) = 1 (avrundas uppåt till närmaste positiva heltal)

*Total utrymningstid: 24 sekunder*

Textslöjdsalen, bildsalen, fysiksalen samt planeringsrummet anländer ungefär samtidigt till utrymningsdörren och då det är stora grupper personer kan det därför antas uppstå stockning vid denna.

**Fysiksal C180, 25 elever, 1 lärare:**

1. Gång klassrum till dörr ( $14/0,5$ ) = 28 s
2. Genom dörr till korridor 1 ( $25/(1*1,2)$ ) = 21 s
3. Genom korridor 1 och 2 till utrymningsdörr ( $30,5/0,5$ ) = 61 s

*Total förflyttningstid: 93 sekunder*

**Planeringsrum C178, 5 personer:**

1. Genom C178 till dörr ( $9,5/0,5$ ) = 19 s
2. Genom dörr till korridor 1 ( $5/(1*1,2)$ ) = 4 s
3. Genom korridor 1 och 2 till utrymningsdörr ( $35/0,5$ ) = 70 s

*Total förflyttningstid: 93 sekunder*

**Bildsal C182/183, 25 elever, 1 lärare:**

1. Genom C182/183 till dörr ( $18/0,5$ ) = 36 s
2. Genom dörr till korridor 1 ( $26/(1*1,2)$ ) = 22 s
3. Gång genom korridor 1 och 2 till utrymningsdörr ( $20/0,5$ ) = 40 s

*Total förflyttningstid: 98 sekunder*

**Textslöjdsal C179, 24 elever, 1 lärare:**

1. Genom C179 till dörr ( $17/0,5$ ) = 34 s
2. Genom dörr till korridor 2 ( $25/(1*1,2)$ ) = 21 s
3. Genom korridor 2 till utrymningsdörr ( $31/0,5$ ) = 62 s

*Total förflyttningstid: 117 sekunder*

4. Genom utrymningsdörr ( $82/(2*1,2)$ ) = 35 s

*Total utrymningstid: 117+35 = 152 sekunder*

**Simulering 2**

I simulering 2 kommer träslöjd- och fysiksalen att utrymma via den dörr som finns i fysiksalen. Övriga personer utrymmer via korridoren på liknande sätt som i simulering 1.

**Musiksal C163, 25 elever, 1 lärare**

1. Gång till dörr ut ur salen ( $13,5/0,5$ ) = 27 s
2. Genom dörr till korridor 3 ( $26/(1*1,2)$ ) = 22 s
3. Gång genom korridor 3 till utrymningsdörr ( $17/0,5$ ) = 34 s
4. Utrymning genom utrymningsdörr ( $26/(2*1,2)$ ) = 11 s

*Total utrymningstid: 94 sekunder*

**Träslöjdsal C169, 24 elever, 1 lärare:**

1. Gång till dörren till metallslöjdrummet C173 ut ur salen  $(17/0,5) = 34$  s
2. Genom dörr till C173  $(25/(1*1,2)) = 21$  s
3. Gång genom C173 till dörr  $(5,5/0,5) = 11$  s
4. Genom dörr till C180  $(25/(1*1,2)) = 21$
5. Gång genom C180 till dörr ut i det fria  $(2/0,5) = 4$  s
6. Genom dörr ut till det fria  $(25/(1*1,2)) = 21$  s

*Total utrymningstid: 112 sekunder*

**Fysiksal C180, 25 elever, 1 lärare:**

1. Gång genom C180 till dörr ut i det fria  $(16/0,5) = 32$  s
2. Genom dörr ut till det fria  $(25/(1*1,2)) = 21$  s

*Total utrymningstid: 54 sekunder*

**Toalett C193 vid studievägledningen, 1 person**

1. Från toalett till dörr  $(1/0,5) = 2$  s
2. Genom dörr till korridor 2  $(1/(1*1,2)) = 1$  s
3. Genom korridor 2 till utrymningsdörr  $(10/0,5) = 20$  s
4. Genom utrymningsdörr  $(1/(2*1,2)) = 1$  (avrundas uppåt till närmaste positiva heltal)

*Total utrymningstid: 24 sekunder*

**Studievägledning C189, 1 person:**

1. Gång genom C189 till dörr  $(5,5/0,5) = 11$  s
2. Genom dörr till korridor 2  $(1/(1*1,2)) = 1$  s
3. Genom korridor 2 till utrymningsdörr  $(3,5/0,5) = 7$  s
4. Genom utrymningsdörr  $(1/(2*1,2)) = 1$  (avrundas uppåt till närmaste positiva heltal)

*Total utrymningstid: 20 sekunder,*

Textslöjdsalen, bildsalen samt planeringsrummet anländer ungefär samtidigt till utrymningsdörren och då det är stora grupper personer kan det därför antas uppstå stockning vid denna.

**Bildsal C182/183, 25 elever, 1 lärare:**

1. Genom C182/183 till dörr  $(18/0,5) = 36$  s
2. Genom dörr till korridor 1  $(26/(1*1,2)) = 22$  s
3. Gång genom korridor 1 och 2 till utrymningsdörr  $(20/0,5) = 40$  s

*Total förflyttningstid: 98 sekunder*

**Textilslöjdsal C179, 24 elever, 1 lärare:**

1. Genom C179 till dörr  $(17/0,5) = 34$  s
2. Genom dörr till korridor 2  $(25/(1*1,2)) = 21$  s
3. Genom korridor 2 till utrymningsdörr  $(31/0,5) = 62$  s

*Total förflyttningstid: 117 sekunder*

**Planeringsrum C178, 5 personer:**

1. Genom C178 till dörr ( $9,5/0,5$ ) = 19 s
2. Genom dörr till korridor 1 ( $5/(1*1,2)$ ) = 4 s
3. Genom korridor 1 och 2 till utrymningsdörr ( $35/0,5$ ) = 70 s  
*Total förflyttningstid: 93 sekunder*
4. Genom utrymningsdörr ( $57/(2*1,2)$ ) = 24 s  
*Total utrymningstid: 117+24 = 141 sekunder*

**Simulering 3**

I simulering 3 utrymmer alla personer från fönster i klassrummen.

**Musiksal C163, 25 elever, 1 lärare**

1. Gång till fönster ut ur musiksal ( $13,5/0,5$ ) = 27 s
2. Utrymning genom fönster ( $26/0,56$ ) = 46 s  
*Total förflyttningstid: 73 sekunder*

**Fysiksal C180, 25 elever, 1 lärare**

1. Gång till dörr ut ur fysiksal ( $13,5/0,5$ ) = 27 s
2. Utrymning genom dörr ( $26/(1*1,2)$ ) = 22 s  
*Total förflyttningstid: 49 sekunder*

**Textilsalen C179, 24 elever, 1 lärare**

1. Gång till fönster ut ur textilsalen ( $15,5/0,5$ ) = 31 s
2. Genom fönster till utegård ( $26/0,56$ ) = 45 s  
Summa: 76 sekunder
3. Gång till Korridor 2 över utegården ( $13/0,5$ ) = 26 s  
*Total förflyttningstid: 102 sekunder*

**Planeringsrum C178, 5 lärare**

1. Gång till fönster ut ur planeringsrummet ( $11/0,5$ ) = 22 s
2. Genom fönster till utegård ( $5/0,56$ ) = 9 s  
Summa: 31 sekunder
3. Gång till korridor 3 över utegård ( $9/0,5$ ) = 18 s  
*Total förflyttningstid: 49 sekunder*

**Träslöjdsal C169, 20 elever, 1 lärare & Förråd C170, 5 elever**

1. Gång till dörr ut ur verkstad ( $4/0,5$ ) = 8 s
2. Genom dörr till träslöjdsal ( $5/(1*1,2)$ ) = 4 s
3. Gång till fönster ut ur träslöjdsal ( $18/0,5$ ) = 36 s
4. Utrymning genom fönster ( $26/0,56$ ) = 46 s  
*Total förflyttningstid: 94 sekunder*

**Bildsal C182/C183, 26 elever, 1 lärare**

1. Gång till fönster ut ur bildsalen ( $15/0,5$ ) = 30 s
2. Utrymning genom fönster ut ur bildsalen ( $27/0,56$ ) = 48 s  
*Total förflyttningstid: 78 sekunder*

#### **Simulering 4**

För Simulering 4 kommer utrymningstiden endast beräknas för fysik- och träslöjdsalen. Detta eftersom att personer som befinner sig i vid träslöjden kommer att utrymma genom en dörr i fysiksalen.

##### ***Fysiksal C180, 25 elever, 1 lärare***

1. Gång till dörr ut ur fysiksal ( $16/0,5$ ) = 32 s

2. Utrymning genom dörr ( $26/(1*1,2)$ ) = 22 s

*Total förflyttningstid: 54 sekunder*

##### ***Träslöjdsal C169, 17 elever, 1 lärare & Förråd C170, 5 elever & Ytbehandlingsrum C172, 3 elever***

Från verkstad till dörr mot metallrum:

1. Gång till dörr ut ur verkstad ( $4/0,5$ ) = 8 s

2. Genom dörr till träslöjdsal ( $5/(1*1,2)$ ) = 4 s

3. Gång till dörr mot metallrum ( $16/0,5$ ) = 32 s

*Totalt: 44 sekunder*

Från ytbehandlingsrum till dörr mot metallrum:

1. Gång till dörr ut ur verkstad ( $3/0,5$ ) = 6 s

2. Genom dörr till träslöjdsal ( $3/(1*1,2)$ ) = 23 s

3. Gång till dörr mot metallrum ( $14,5/0,5$ ) = 29 s

*Totalt: 58 sekunder*

Från träslöjdsalen genom dörren till metallrummet:

1. Gång till dörr mot metallrum ( $17/0,5$ ) = 34 s

2. Genom dörr till metallrum ( $18/(1*1,2)$ ) = 15 s

*Totalt: 49 sekunder*

Inklusive personer C170 & C172 ( $26/(1*1,2)$ ) = 22 s

*Totalt: 56 sekunder*

Fram till och utrymning genom dörren i fysiksal C180:

1. Genom metallrum C173 till dörr mot fysiksal ( $2/0,5$ ) = 4 s

2. Genom dörr till fysiksal ( $26/(1*1,2)$ ) = 22 s

3. Fram till utrymningsdörr i fysiksal ( $2/0,5$ ) = 4 s

4. Utrymning genom dörr i fysiksal ( $26/(1*1,2)$ ) = 22 s

*Totalt: 52 sekunder*

*Total förflyttningstid: 114 sekunder*

#### **Scenario 2 – Brand på toalett**

Nedan följer handberäkningar för förflyttningstiden vid en brand på toalett.

##### ***Bildsal, 26 elever***

1. Genom bildsalen till utrymningsdörr ( $15/0,5$ ) = 30 s

2. Genom dörr till Korridor 1 ( $26/(1*1,2)$ ) = 22 s

*Total förflyttningstid: 42 sekunder*

### Scenario 3 - Brand i kapprum

Nedan följer handberäkningar för förflyttningstiden vid en brand i kapprum. Samtliga dörrar har en bredd på en meter förutom de brandcells dörrar som finns i Kapprum E59 där bredden är två meter.

#### Simulering 1

Nedan följer handberäkningarna för Simulering 1.

##### **Klassrum E68, 26 elever:**

1. Gång till dörr ut ur klassrum,  $9/0,5=18$  s
  2. Dörr ut till passage,  $26/(1*1,2)=22$  s
  3. Gång till dörr till A-huset,  $10/0,5=20$  s
  4. Dörr ut E-huset,  $26/(1*1,2)=22$  s
- Total förflyttningstid: 82 sekunder*

##### **Klassrum E66, 26 elever:**

1. Gång till dörr ut ur klassrum  $(10/0,5) = 20$  s
  2. Dörr ut till kapprum  $(26/(1*1,2)) = 22$  s
  3. Gång till utrymningsväg  $(9/0,5) = 18$  s
- Summa: 60 sekunder
4. Utrymningsdörr  $(52/(1*1,2)) = 22$  s
- Total förflyttningstid: 82 sekunder*

##### **Klassrum E65, 26 elever:**

1. Gång till dörr ut ur klassrum  $(11/0,5) = 22$  s
  2. Dörr ut till kapprum  $(26/(1*1,2)) = 22$  s
  3. Gång till utrymningsväg  $(11/0,5) = 22$  s
- Summa: 66 sekunder
4. Utrymningsdörr  $(52/(1*1,2)) = 22$  s
- Total förflyttningstid: 88 sekunder*

##### **Grupprum E55, 5 elever:**

1. Gång till dörr ut ur grupprum  $(4/0,5) = 8$  s
  2. Dörr ut till kapprum  $(5/(1*1,2)) = 4$  s
  3. Gång till utrymningsväg  $(11/0,5) = 22$  s
- Summa: 34 sekunder
4. Utrymningsdörr  $(5/(1*1,2)) = 2$  s
- Total förflyttningstid: 36 sekunder*

**Studieyta E53, 10 elever:**

Eleverna i Studieyta E53 kommer utrymma via dörren och ut i korridoren i Planeringsrum E46.

1. Gång till dörr ut ur studieyta  $(10/0,5) = 20$  s
2. Dörr ut till kapprum  $(10/(1*1,2)) = 8$  s
3. Gång igenom E45  $(5/0,5) = 10$  s
4. Dörr till E46  $(10/(1*1,2)) = 8$  s
5. Gång till utrymningsdörr  $(5/0,5) = 10$  s

*Summa: 56 sekunder*

6. Utrymningsdörr  $(10/(1*1,2)) = 8$  s

*Total förflyttningstid: 64 sekunder*

**Grupprum E45, 5 elever**

Eleverna i Studieyta E45 kommer utrymma via dörren ut i korridoren från Planeringsrum E46.

1. Gång till dörr ut ur grupprum  $(6/0,5) = 12$  s
2. Dörr till E46  $(5/(1*1,2)) = 4$  s
3. Gång till utrymningsdörr  $(5/0,5) = 10$  s

*Summa: 26 sekunder*

4. Utrymningsdörr  $(5/(1*1,2)) = 4$  s

*Total förflyttningstid: 30 sekunder*

**Planeringsrum E46, 5 elever**

1. Gång till dörr ut ur planeringsrummet  $(8/0,5) = 16$  s

2. Utrymningsdörr  $(5/(1*1,2)) = 4$  s

*Total förflyttningstid: 20 sekunder*

**Grupprum E51, 5 elever**

Eleverna i Studieyta E51 kommer utrymma via dörren ut i korridoren via Planeringsrum E50.

1. Gång till dörr ut ur grupprum  $(6/0,5) = 12$  s

2. Dörr till E50  $(5/(1*1,2)) = 4$  s

3. Gång till utrymningsdörr  $(5/0,5) = 10$  s

*Summa: 26 sekunder*

4. Utrymningsdörr  $(5/(1*1,2)) = 4$  s

*Total förflyttningstid: 30 sekunder*

**Planeringsrum E50, 5 elever**

1. Gång till utrymningsdörr  $(5/0,5) = 10$  s

2. Utrymningsdörr  $(5/(1*1,2)) = 4$  s

*Total förflyttningstid: 14 sekunder*



## Simulering 2

Nedan följer handberäkningar för Simulering 2.

### **Klassrum E68, 26 elever:**

1. Gång till dörr ut ur klassrum  $(9/0,5) = 18$  s
2. Dörr ut till passage.  $(26/(1*1,2)) = 22$  s
3. Gång till dörr till A-huset  $(10/0,5) = 20$  s
4. Dörr ut E-huset  $(26/(1*1,2)) = 22$  s

*Total förflyttningstid: 82 sekunder*

### **Klassrum E66, 26 elever:**

1. Gång till dörr ut ur klassrum  $(10/0,5) = 20$  s
2. Dörr ut till kapprum  $(26/(1*1,2)) = 22$  s
3. Gång till första dörren i vindfånget  $(15/0,5) = 30$  s

*Summa: 72 sekunder*

4. Första dörr i vindfång.  $87/(1*1,2)=73$  s
5. Gång till andra dörren i vindfånget.  $2/0,5=4$  s
6. Andra dörr i vindfång.  $87/(1*1,2)=73$  s

*Total förflyttningstid: 222 sekunder*

### **Klassrum E65, 26 elever:**

1. Gång till dörr ut ur klassrum.  $(11/0,5) = 22$  s
  2. Dörr ut till kapprum  $(26/(1*1,2)) = 22$  s
  3. Gång till första dörren i vindfånget  $(13/0,5) = 26$  s
- Summa: 70 sekunder*
4. Första dörr i vindfång  $(87/(1*1,2)) = 73$  s
  5. Gång till andra dörren i vindfånget  $(2/0,5) = 4$  s
  6. Andra dörr i vindfång  $(87/(1*1,2)) = 73$  s

*Total förflyttningstid: 220 sekunder*

### **Grupprum E55, 5 elever:**

1. Gång till dörr ut ur grupprum  $(4/0,5) = 8$  s
  2. Dörr ut till kapprum  $(5/(1*1,2)) = 4$  s
  3. Gång till första dörren i vindfånget  $(19/0,5) = 38$  s
- Summa: 50 sekunder*
4. Första dörr i vindfång.  $(87/(1*1,2)) = 73$  s
  5. Gång till andra dörren i vindfånget  $(2/0,5) = 4$  s
  6. Andra dörr i vindfång  $(87/(1*1,2)) = 73$  s

*Total förflyttningstid: 200 sekunder*

**Studieyta E53, 10 elever:**

1. Gång till dörr ut ur studieyta  $(10/0,5) = 20$  s
  2. Dörr ut till kapprum/korridor  $(10/(1*1,2)) = 8$  s
  3. Gång till första dörren i vindfånget  $(18/0,5) = 36$  s
- Summa: 64 sekunder
4. Första dörr i vindfång  $(87/(1*1,2)) = 78$  s
  5. Gång till andra dörren i vindfånget  $(2/0,5) = 4$  s
  6. Andra dörr i vindfång  $(87/(1*1,2)) = 78$  s
- Total förflyttningstid: 213 sekunder

**Grupprum E45, 5 elever**

1. Gång till dörr ut ur grupprum  $(6/0,5) = 12$  s
  2. Dörr till E43  $(5/(1*1,2)) = 4$  s
  3. Gång igenom E53  $(10/0,5) = 20$  s
  4. Dörr ut till kapprum/korridor  $(5/(1*1,2)) = 4$  s
  5. Gång till första dörren i vindfånget  $(18/0,5) = 36$  s
- Summa: 76 sekunder
6. Första dörr i vindfång.  $87/(1*1,2)=73$  s
  7. Gång till andra dörren i vindfånget.  $2/0,5=4$  s
  8. Andra dörr i vindfång.  $87/(1*1,2)=73$  s
- Total förflyttningstid: 226 sekunder

**Planeringsrum E46, 5 elever**

1. Gång till dörr ut ur planeringsrummet  $(8/0,5) = 16$  s
  2. Dörr ut till kapprum/korridor  $(5/(1*1,2)) = 4$  s
  3. Gång till första dörren i vindfånget  $(23/0,5) = 46$  s
- Summa: 66 sekunder
4. Första dörr i vindfång  $(87/(1*1,2)) = 73$ s
  5. Gång till andra dörren i vindfånget  $(2/0,5) = 4$  s
  6. Andra dörr i vindfång  $(87/(1*1,2)) = 73$  s
- Total förflyttningstid: 216 sekunder

**Grupprum E51, 5 elever**

1. Gång till dörr ut ur grupprum  $(6/0,5) = 12$  s
  2. Dörr ut till kapprum/korridor  $(5/(1*1,2)) = 4$  s
  3. Gång till första dörren i vindfånget  $(12/0,5) = 24$  s
- Summa: 40 sekunder
4. Första dörr i vindfång  $(87/(1*1,2)) = 73$  s
  5. Gång till andra dörren i vindfånget  $(2/0,5) = 4$  s
  6. Andra dörr i vindfång  $(87/(1*1,2)) = 73$  s
- Total förflyttningstid: 190 sekunder

### **Planeringsrum E50, 5 elever**

1. Gång till dörr ut ur planeringsrummet  $(5/0,5) = 10$  s
  2. Dörr till E51  $(5/(1*1,2)) = 4$  s
  3. Gång till dörr ut ur grupprum E51  $(6/0,5) = 12$  s
  4. Dörr ut till kapprum/korridor  $(5/(1*1,2)) = 4$  s
  5. Gång till första dörren i vindfånget  $(12/0,5) = 24$  s
- Summa: 54 sekunder
4. Första dörr i vindfång  $(87/(1*1,2)) = 73$  s
  5. Gång till andra dörren i vindfånget  $(2/0,5) = 4$  s
  6. Andra dörr i vindfång,  $(87/(1*1,2)) = 73$  s
- Total förflyttningstid: 204 sekunder*

### **Simulering 3**

Handberäkningar för Simulering 3 förutsätter att alla utrymmer ut ur den brandbelastade brandcellen och genom dörren till den närliggande brandcellen i Byggnad E. Detta eftersom att denna dörr är bredare än den dörr som finns i anslutning till vindfånget.

Separata uträkningar görs för Klassrum E68 och Grupprum E55 eftersom att personer i grupprummet är först med att ta sig till utrymningsdörren medan personer som befinner sig i klassrummet kommer fram sist.

### **Klassrum E68, 26 elever:**

När handberäkningar av utrymning för personer i Klassrum E68 utförs antas att ingen utrymmer via passagen till Byggnad A. Detta eftersom att kritiska förhållanden i passagen uppnås 20 sekunder efter varseblivning- och förberedelsetiden. Denna tid är inte tillräcklig för att utrymma några elever.

1. Gång till dörr ut ur klassrum  $(9/0,5) = 18$  s
  2. Dörr till grupprum E47  $(26/(1*1,2)) = 22$  s
  3. Gång till dörr till klassrum E66  $(4/0,5) = 8$  s
  4. Dörr ut ur grupprum E67  $(26/(1*1,2)) = 22$  s
  5. Gång till dörr till kapprum E59  $(10/0,5) = 20$  s
  6. Dörr till kapprum E59  $(26/(1*1,2)) = 22$  s
  7. Gång till utrymningsväg  $(9/0,5) = 18$  s
- Summa: 130 sekunder
8. Utrymningsdörr  $(26/(2*1,2)) = 11$  s
- Total förflyttningstid: 141 sekunder*

### **Klassrum E66, 26 elever:**

1. Gång till dörr ut ur klassrum  $(10/0,5) = 20$  s
  2. Dörr ut till kapprum  $(26/(1*1,2)) = 22$  s
  3. Gång till utrymningsväg  $(9/0,5) = 18$  s
- Summa: 60 sekunder
4. Utrymningsdörr  $(52/(1*1,2)) = 22$  s
- Total förflyttningstid: 82 sekunder*

**Klassrum E65, 26 elever:**

1. Gång till dörr ut ur klassrum  $(11/0,5) = 22$  s

2. Dörr ut till kapprum  $(26/(1*1,2)) = 22$  s

3. Gång till utrymningsväg  $(11/0,5) = 22$  s

Summa: 66 sekunder

4. Utrymningsdörr,  $52/(1*1,2)=22$  s

*Total förflyttningstid: 88 sekunder*

**Grupprum E55, 5 elever:**

1. Gång till dörr ut ur grupprum  $(4/0,5) = 8$  s

2. Dörr ut till kapprum  $(5/(1*1,2)) = 4$  s

3. Gång till utrymningsväg  $(11/0,5) = 22$  s

Summa: 34 sekunder

4. Utrymningsdörr  $(5/(1*1,2)) = 2$  s

*Total förflyttningstid: 36 sekunder*

**Studieyta E53, 10 elever:**

Eleverna i Studieyta E53 kommer utrymma via dörren och ut i korridoren i Planeringsrum E46.

1. Gång till dörr ut ur studieyta  $(10/0,5) = 20$  s

2. Dörr ut till kapprum  $(10/(1*1,2)) = 8$  s

3. Gång igenom E45  $(5/0,5) = 10$  s

4. Dörr till E46  $(10/(1*1,2)) = 8$  s

5. Gång Till utrymningsdörr  $(5/0,5) = 10$  s

6. Utrymningsdörr  $(10/(1*1,2)) = 8$  s

*Total förflyttningstid: 64 sekunder*

**Grupprum E45, 5 elever**

Eleverna i Studieyta E45 kommer utrymma via dörren ut i korridoren från Planeringsrum E46.

1. Gång till dörr ut ur grupprum  $(6/0,5) = 12$  s

2. Dörr till E46  $(5/(1*1,2)) = 4$  s

3. Gång till utrymningsdörr  $(5/0,5) = 10$  s

4. Utrymningsdörr  $(5/(1*1,2)) = 4$  s

*Total förflyttningstid: 30 sekunder*

**Planeringsrum E46, 5 elever**

1. Gång till dörr ut ur planeringsrummet  $(8/0,5) = 16$  s

2. Utrymningsdörr,  $(5/(1*1,2)) = 4$  s

*Total förflyttningstid: 20 sekunder*

### **Grupprum E51, 5 elever**

Eleverna i Studieyta E51 kommer utrymma via dörren ut i korridoren via Planeringsrum E50.

1. Gång till dörr ut ur grupprum  $(6/0,5) = 12$  s
2. Dörr till E50  $(5/(1*1,2)) = 4$  s
3. Gång till utrymningsdörr  $(5/0,5) = 10$  s
4. Utrymningsdörr  $(5/(1*1,2)) = 4$  s

*Total förflyttningstid: 30 sekunder*

### **Planeringsrum E50, 5 elever**

1. Gång till utrymningsdörr  $(5/0,5) = 10$  s
2. Utrymningsdörr  $(5/(1*1,2)) = 4$  s

*Total förflyttningstid: 14 sekunder*

### **Simulering 4**

Alla personer i Simulering 4 kommer utrymma via Vindfång E61. Vid beräkning av tiden det tar att ta sig igenom vindfånget kommer alla personer att tas hänsyn till då alla personer vid ungefär samma tillfälle befinner sig vid vindfånget. Totalt finns det 113 elever i brandcellen.

### **Klassrum E68, 26 elever:**

När handberäkningar av utrymning för personer i Klassrum E68 utförs antas att ingen utrymmer via passagen till Byggnad A. Detta eftersom att kritiska förhållanden i passagen uppnås 20 sekunder efter varseblivning- och förberedelsetiden. Denna tid är inte tillräcklig för att utrymma några elever.

1. Gång till dörr ut ur klassrum  $(9/0,5) = 18$  s
2. Dörr till grupprum E47  $(26/(1*1,2)) = 22$  s
3. Gång till dörr till klassrum E66  $(4/0,5) = 8$  s
4. Dörr ut ur grupprum E67  $(26/(1*1,2)) = 22$  s
5. Gång till dörr till kapprum E59  $(10/0,5) = 20$  s
6. Dörr till kapprum E59  $(26/(1*1,2)) = 22$  s
7. Gång till första dörren i vindfånget  $(15/0,5) = 30$  s

Summa: 142 sekunder

8. Första dörr i vindfång  $(113/(1*1,2)) = 94$  s
9. Gång till andra dörren i vindfånget  $(2/0,5) = 4$  s
10. Andra dörr i vindfång  $(113/(1*1,2)) = 94$  s

*Total förflyttningstid: 334 sekunder*

### **Klassrum E66, 26 elever:**

1. Gång till dörr ut ur klassrum  $(10/0,5) = 20$  s
2. Dörr ut till kapprum  $(26/(1*1,2)) = 22$  s
3. Gång till första dörren i vindfånget  $(15/0,5) = 30$  s

Summa: 72 sekunder

4. Första dörr i vindfång  $(113/(1*1,2)) = 94$  s
5. Gång till andra dörren i vindfånget  $(2/0,5) = 4$  s
6. Andra dörr i vindfång  $(113/(1*1,2)) = 94$  s

*Total förflyttningstid: 264 sekunder*

**Klassrum E65, 26 elever:**

1. Gång till dörr ut ur klassrum  $(11/0,5) = 22$  s
  2. Dörr ut till kapprum  $(26/(1*1,2)) = 22$  s
  3. Gång till första dörren i vindfånget  $(13/0,5) = 26$  s
- Summa: 70 s
4. Första dörr i vindfång  $(113/(1*1,2)) = 94$  s
  5. Gång till andra dörren i vindfånget  $(2/0,5) = 4$  s
  6. Andra dörr i vindfång  $(113/(1*1,2)) = 94$  s
- Total förflyttningstid: 262 sekunder

**Grupprum E55, 5 elever:**

1. Gång till dörr ut ur grupprum  $(4/0,5) = 8$  s
  2. Dörr ut till kapprum  $(5/(1*1,2)) = 4$  s
  3. Gång till första dörren i vindfånget  $(19/0,5) = 38$  s
- Summa: 40 s
4. Första dörr i vindfång  $(113/(1*1,2)) = 94$  s
  5. Gång till andra dörren i vindfånget  $(2/0,5) = 4$  s
  6. Andra dörr i vindfång,  $(113/(1*1,2)) = 94$  s
- Total förflyttningstid: 232 sekunder

**Studieyta E53, 10 elever:**

1. Gång till dörr ut ur studieyta  $(10/0,5) = 20$  s
  2. Dörr ut till kapprum/korridor  $(10/(1*1,2)) = 8$  s
  3. Gång till första dörren i vindfånget  $(18/0,5) = 36$  s
- Summa: 64 s
4. Första dörr i vindfång  $(113/(1*1,2)) = 94$  s
  5. Gång till andra dörren i vindfånget  $(2/0,5) = 4$  s
  6. Andra dörr i vindfång  $(113/(1*1,2)) = 94$  s
- Total förflyttningstid: 256 sekunder

**Grupprum E45, 5 elever**

1. Gång till dörr ut ur grupprum  $(6/0,5) = 12$  s
  2. Dörr till E43  $(5/(1*1,2)) = 4$  s
  3. Gång igenom E53  $(10/0,5) = 20$  s
  4. Dörr ut till kapprum/korridor  $(5/(1*1,2)) = 4$  s
  5. Gång till första dörren i vindfånget  $(18/0,5) = 36$  s
- Summa: 76 sekunder
6. Första dörr i vindfång  $(113/(1*1,2)) = 94$  s
  7. Gång till andra dörren i vindfånget  $(2/0,5) = 4$  s
  8. Andra dörr i vindfång  $(113/(1*1,2)) = 94$  s
- Total förflyttningstid: 268 sekunder

**Planeringsrum E46, 5 elever**

1. Gång till dörr ut ur planeringsrummet  $(8/0,5) = 16$  s
  2. Dörr ut till kapprum/korridor  $(5/(1*1,2)) = 4$  s
  3. Gång till första dörren i vindfånget  $(23/0,5) = 46$  s
- Summa: 66 sekunder
4. Första dörr i vindfång  $(113/(1*1,2)) = 94$  s
  5. Gång till andra dörren i vindfånget  $(2/0,5) = 4$  s
  6. Andra dörr i vindfång  $(113/(1*1,2)) = 94$  s
- Total förflyttningstid: 258 sekunder

**Grupprum E51, 5 elever**

1. Gång till dörr ut ur grupprum  $(6/0,5) = 12$  s
  2. Dörr ut till kapprum/korridor  $(5/(1*1,2)) = 4$  s
  3. Gång till första dörren i vindfånget  $(12/0,5) = 24$  s
- Summa: 40 sekunder
4. Första dörr i vindfång  $(113/(1*1,2)) = 94$  s
  5. Gång till andra dörren i vindfånget  $(2/0,5) = 4$  s
  6. Andra dörr i vindfång  $(113/(1*1,2)) = 94$  s
- Total förflyttningstid: 232 sekunder

**Planeringsrum E50, 5 elever**

1. Gång till dörr ut ur planeringsrummet  $(5/0,5) = 10$  s
  2. Dörr till E51  $(5/(1*1,2)) = 4$  s
  3. Gång till dörr ut ur grupprum E51  $(6/0,5) = 12$  s
  4. Dörr ut till kapprum/korridor  $(5/(1*1,2)) = 4$  s
  5. Gång till första dörren i vindfånget  $(12/0,5) = 24$  s
- Summa: 54 sekunder
6. Första dörr i vindfång  $(113/(1*1,2)) = 94$  s
  7. Gång till andra dörren i vindfånget  $(2/0,5) = 4$  s
  8. Andra dörr i vindfång  $(113/(1*1,2)) = 94$  s
- Total förflyttningstid: 246 sekunder





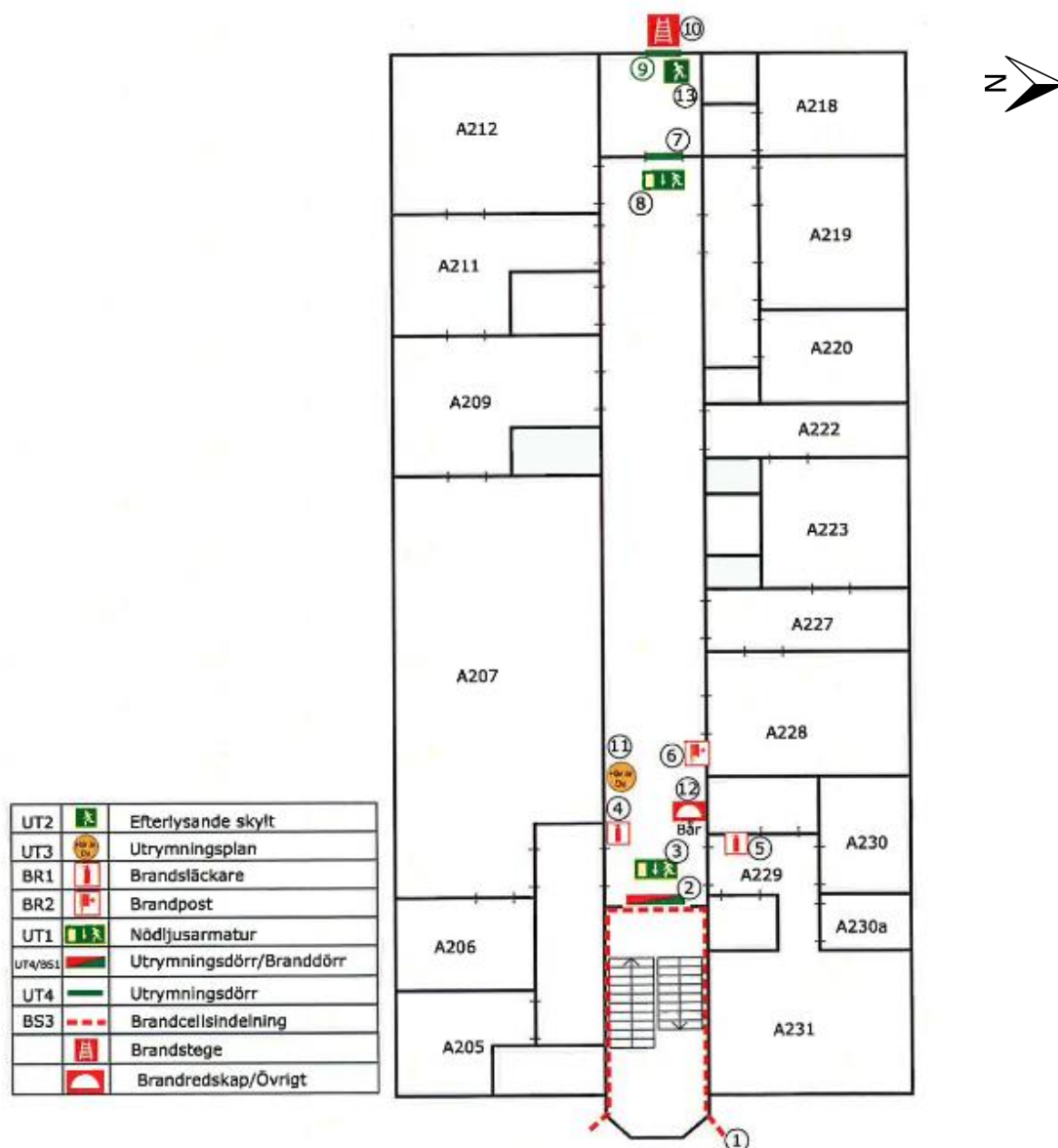
## BILAGA 8 – BRANDTEKNISKA INSTALLATIONER

I följande bilaga återfinns ritningar för de brandtekniska installationerna i respektive byggnad och dess våningsplan. Ritningarna visar brandcellsgränser, dessa är markerade med röd streckad linje på några av ritningarna och med gul markering på andra. Ritningarna visar även vart det finns vägledande skyltning, utrymningsvägar, brandposter, brandsläckare, brandcellsdörrar med mera.

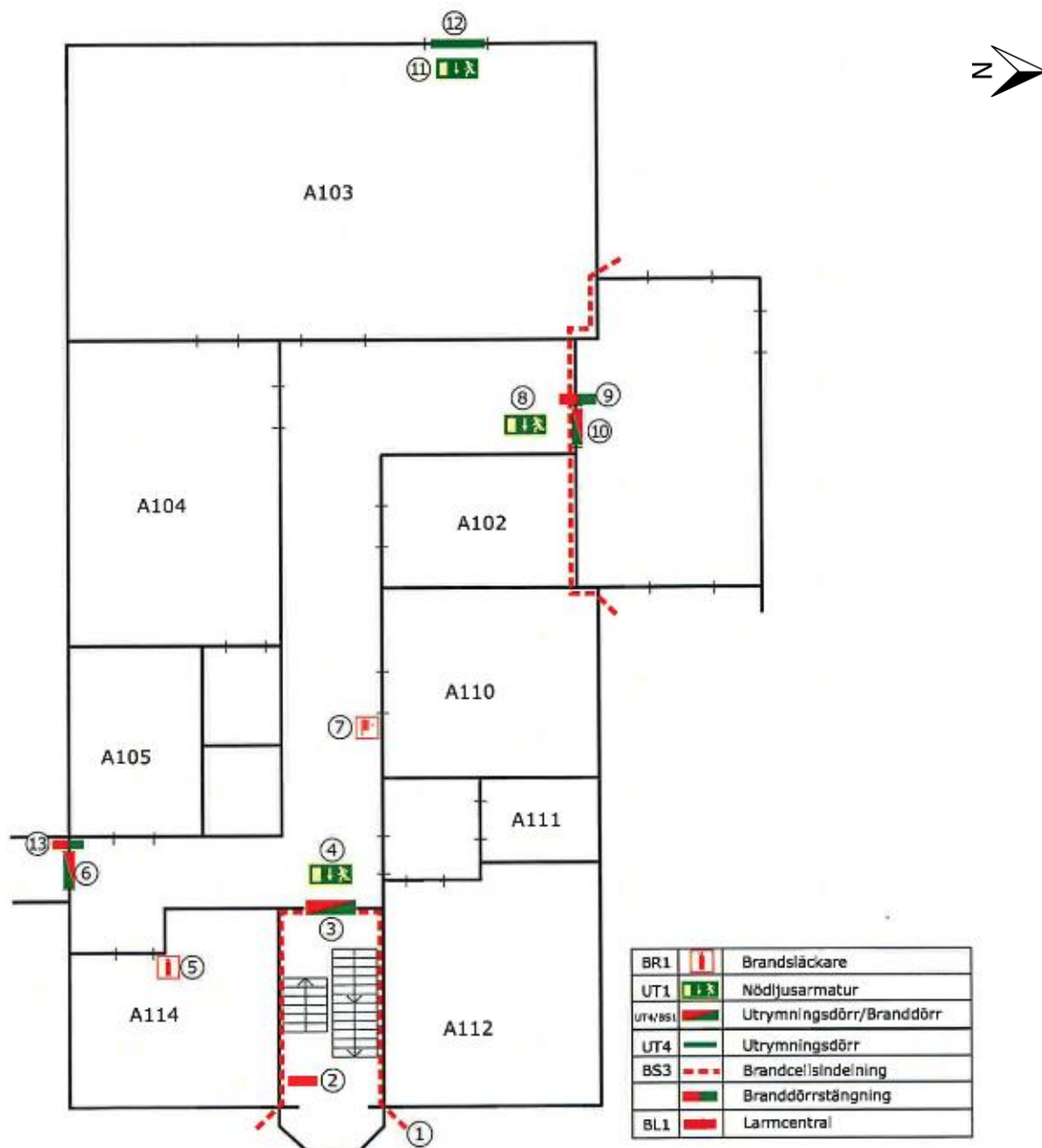
### Byggnad A

Nedan visas ritningarna för A-byggnadens olika våningsplan. Brandcellsgränserna är i detta fall markerade med rödstreckad markering på ritningarna, se Figur B8-1 till B8-3.

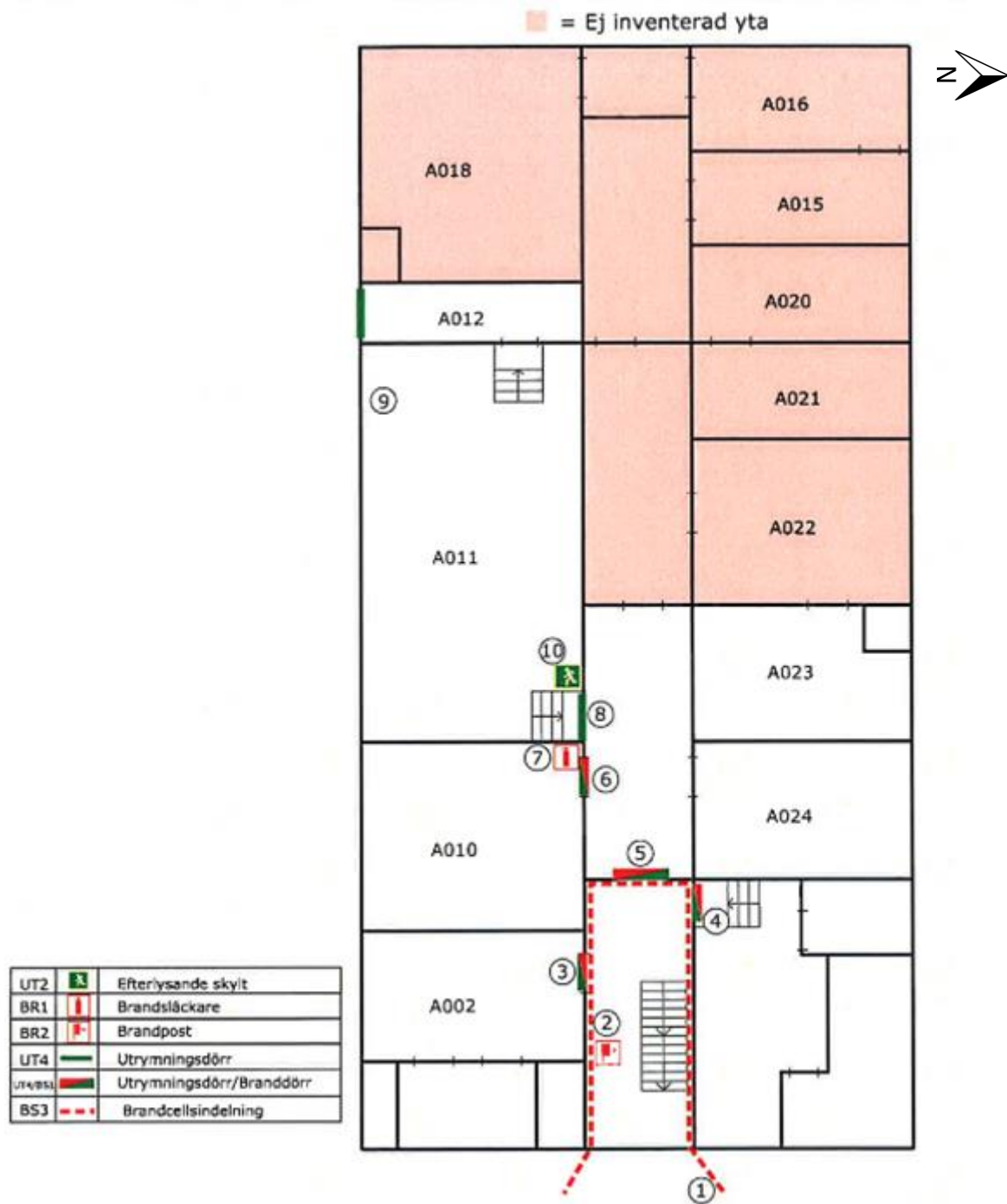
Förklaring till de olika symbolerna återfinns på respektive ritning.



Figur B8-1. Brandcellsgräns för plan 2.



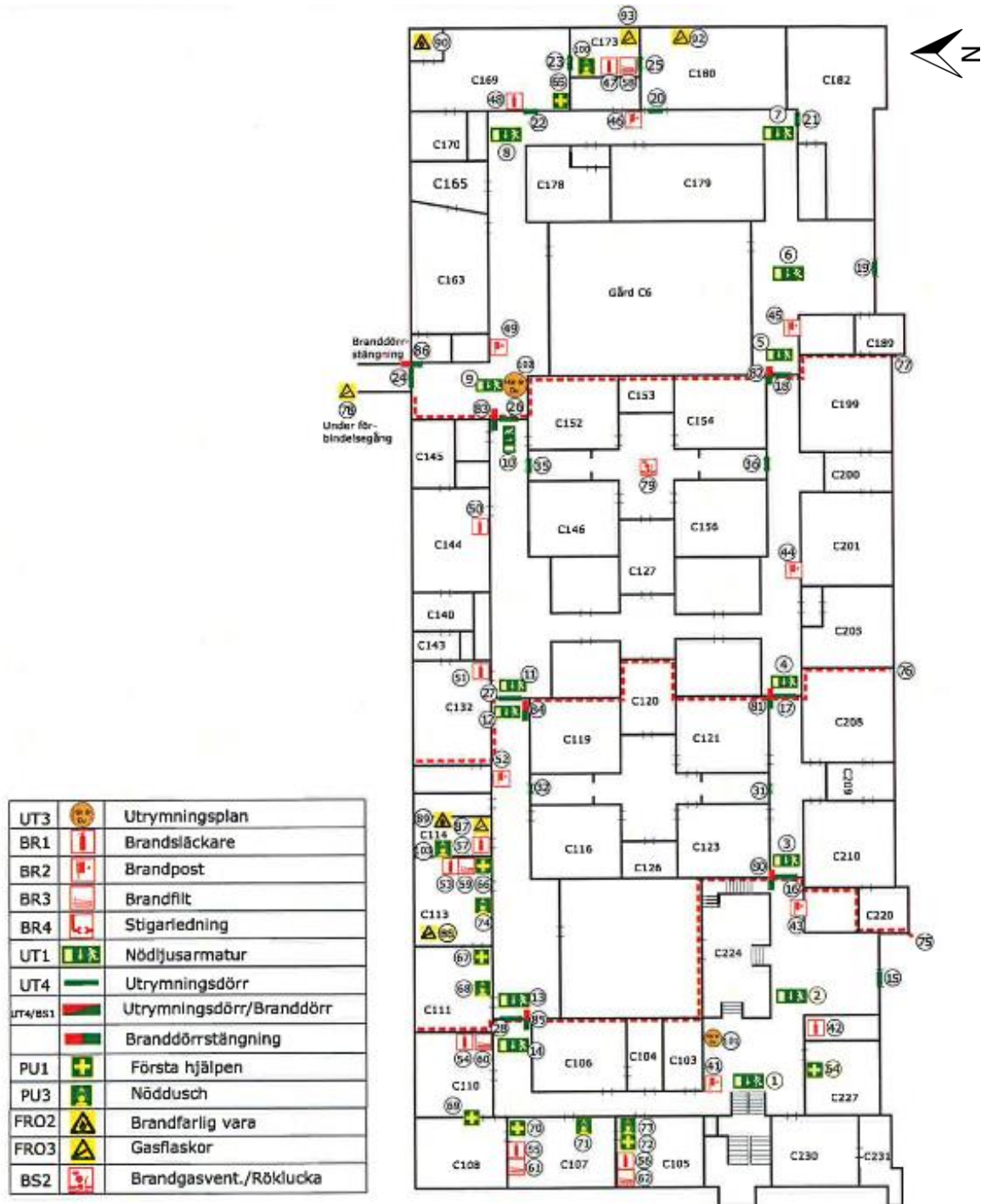
Figur B8-2. Brandcellsgränser för plan 1.



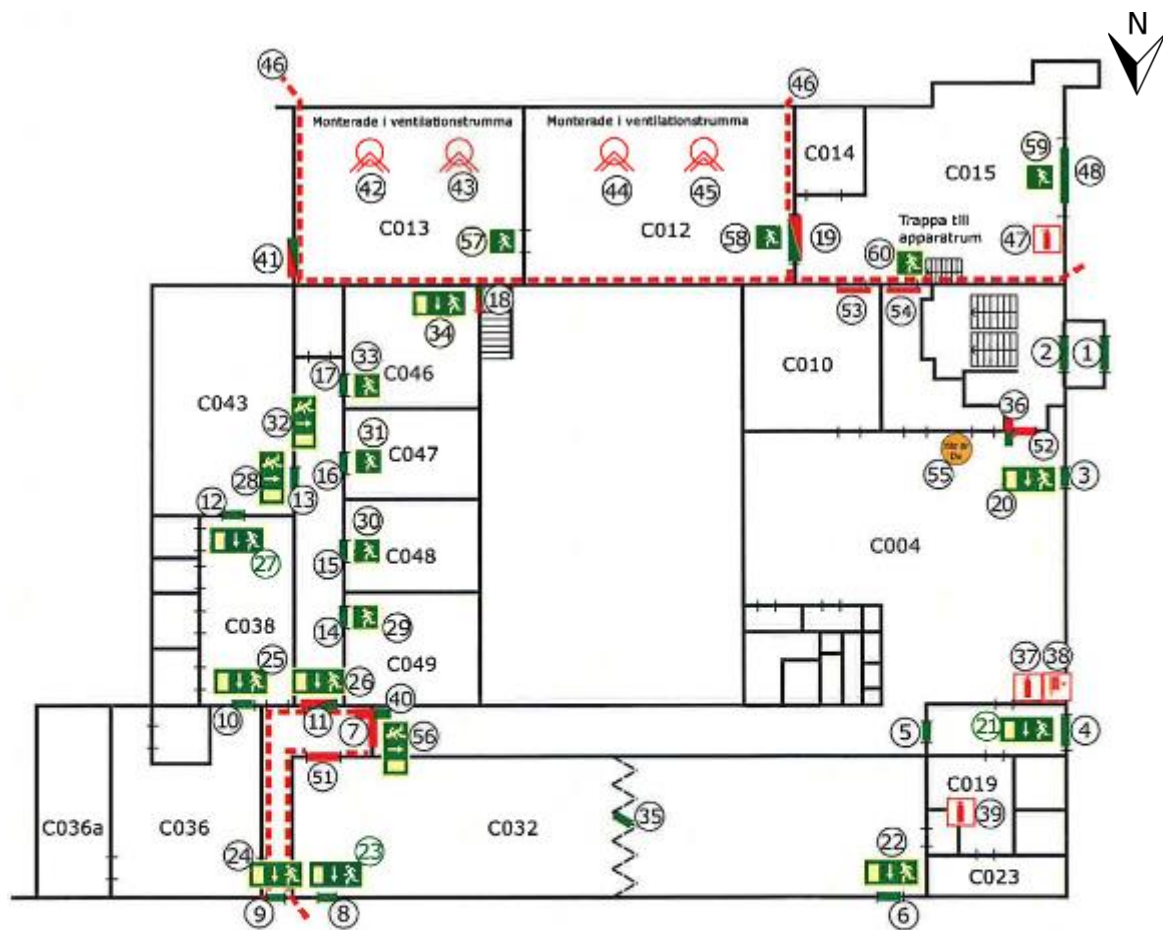
Figur B8-3. Brandcellsgränser för källarplan.

## Byggnad C

Följande ritningar redogör vilka brandtekniska installationer som finns i byggnad C. På dessa ritningar markeras brandcellsgränserna med röstreckad markering. Förklaring till de olika symbolerna återfinns på respektive ritning, se Figur B8-4 och B8-5.



Figur B8-4. Brandcellsindelning för markplan.

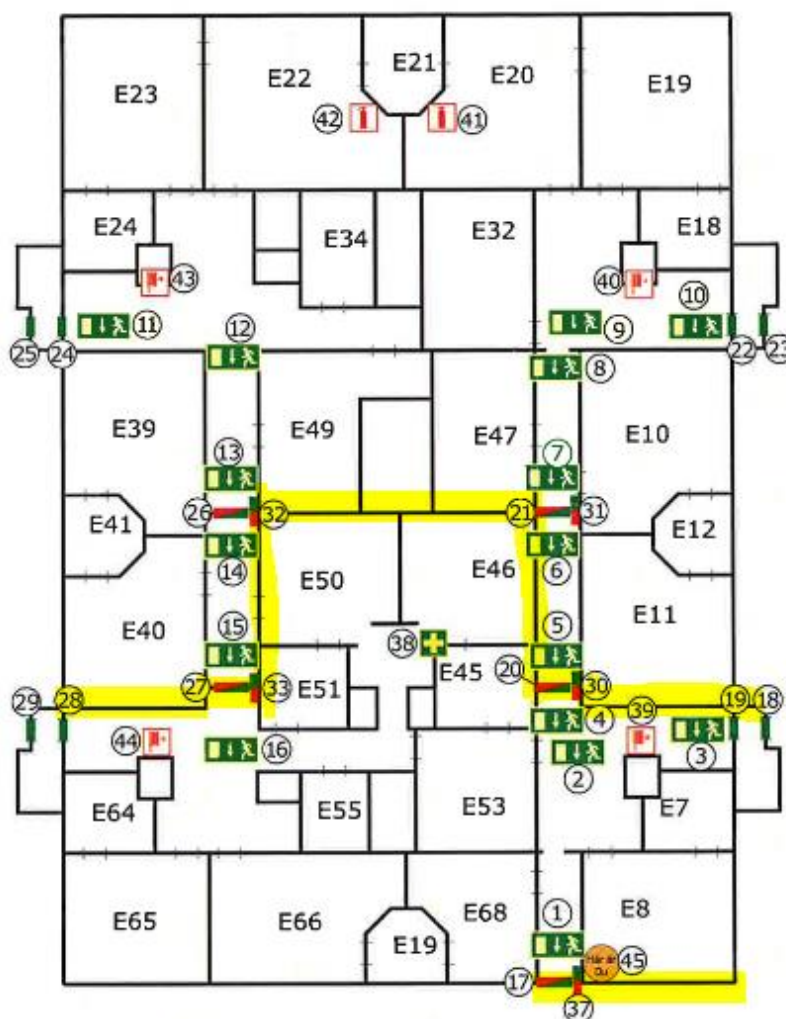


UT3		Utrymningsplan	UT2		Efterlysande skylt
BR1		Brandsläckare	BS1		Branddörr
BR2		Brandpost	BS3		Brandcellsindelning
UT1		Nödljusarmatur			Rökdetektor
UT4		Utrymningsdörr			Branddörrstängning

Figur B8-5. Brandcellsgräns för källarvåning.

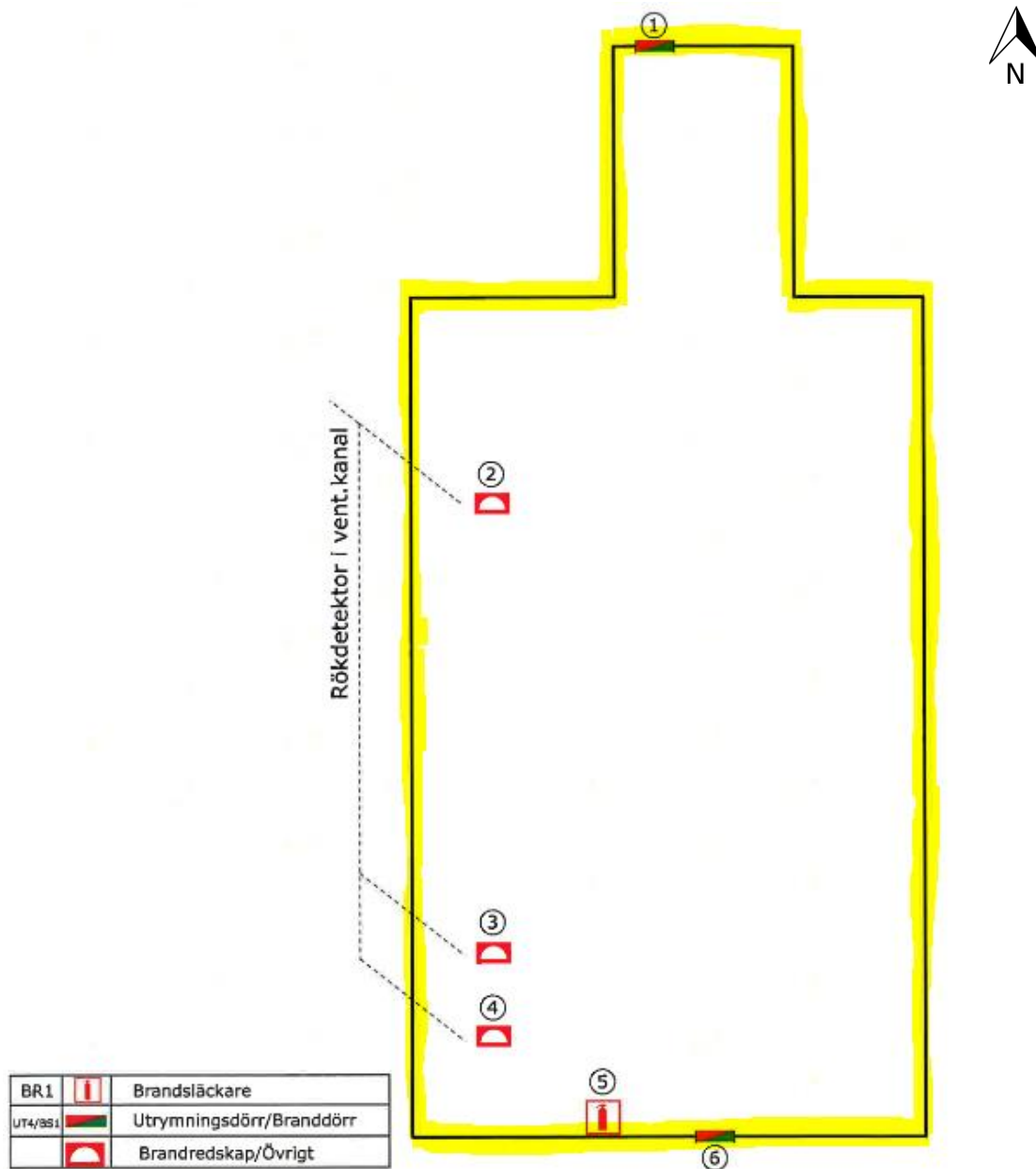
## Byggnad E

I detta stycke redovisas de brandtekniska installationerna i för fläktvinden och markplanet i E-byggnaden. Brandcellsgränserna är på respektive ritning markerade med gul färg.



BR1		Brandsläckare	UT4/BS1		Utrymningsdörr/Branddörr
BR2		Brandpost			Branddörrstängning
UT1		Nödljusarmatur	PU1		Första hjälpen
UT4		Utrymningsdörr			
UT3		Utrymningsplan			

Figur B8-6. Brandcellsgränserna på markplan.



Figur B8-7. Brandcellsgräns för fläktvinden.





## BILAGA 9 – UPPSAMLINGSPLATSER

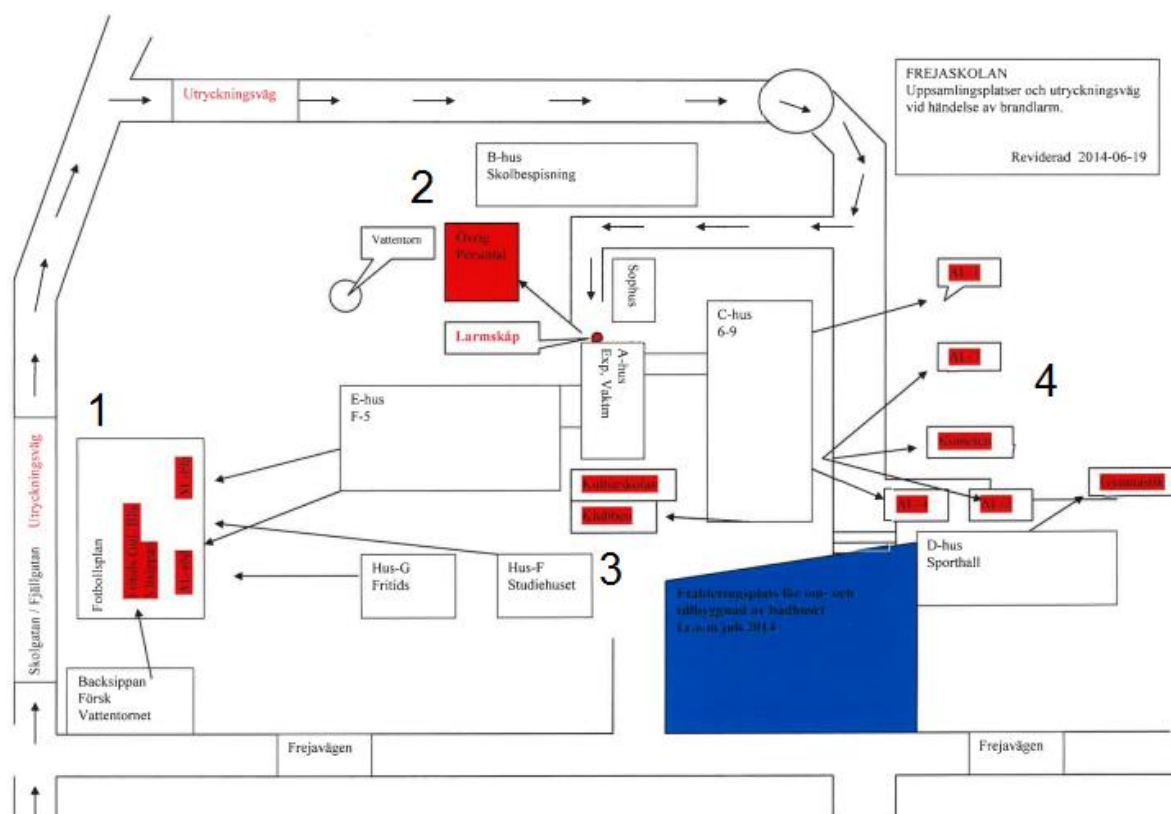
Figuren nedan visar vart det finns uppsamlingsplatser på skolområdet och vilka delar av skolan som ska vart. Uppsamlingsplats 1 till vänster är för byggnad E, vilken innebär en verksamhet som innefattar förskola till elever i åk 5 men också fritids.

Uppsamlingsplats 2 är för övrig personal, det vill säga personal som inte befinner sig i ute i de olika skolbyggnaderna.

Till uppsamlingsplats 3 utrymmer Kulturskolan och Klubben, alltså de som befinner sig i källarvåningen i C-huset.

Uppsamlingsplats 4 används av personerna i byggnad C, vilket mestadels är högstadiel elever, samt personer som befinner sig i sporthallen.

Det blåa fältet är etableringsplats för till- och ombyggnationen av sporthallen. Här har tidigare legat en uppsamlingsplats som numera är flyttad till område 4.



Figur B9-1. Uppsamlingsplatser på skolområdet.

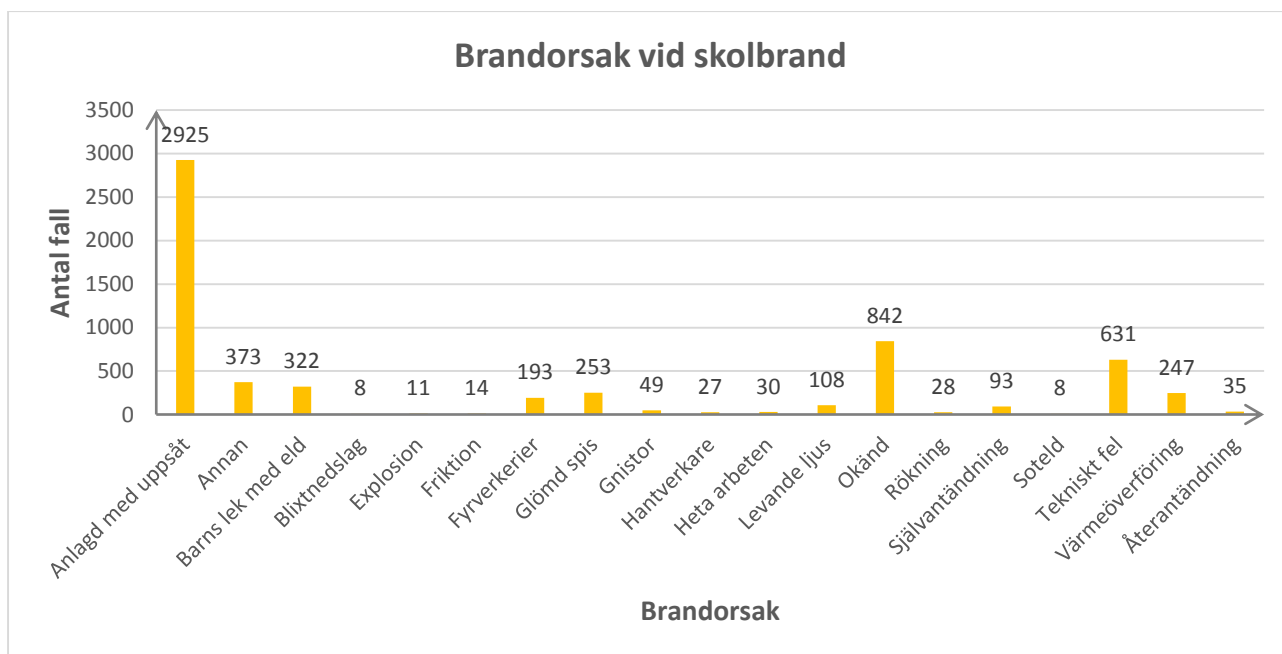


## BILAGA 10 – STATISTIK

I denna bilaga redovisas statistik över brand i skolor från databasen IDA från MSB och räddningstjänstens insatser.

### Brandorsak vid skolbrand

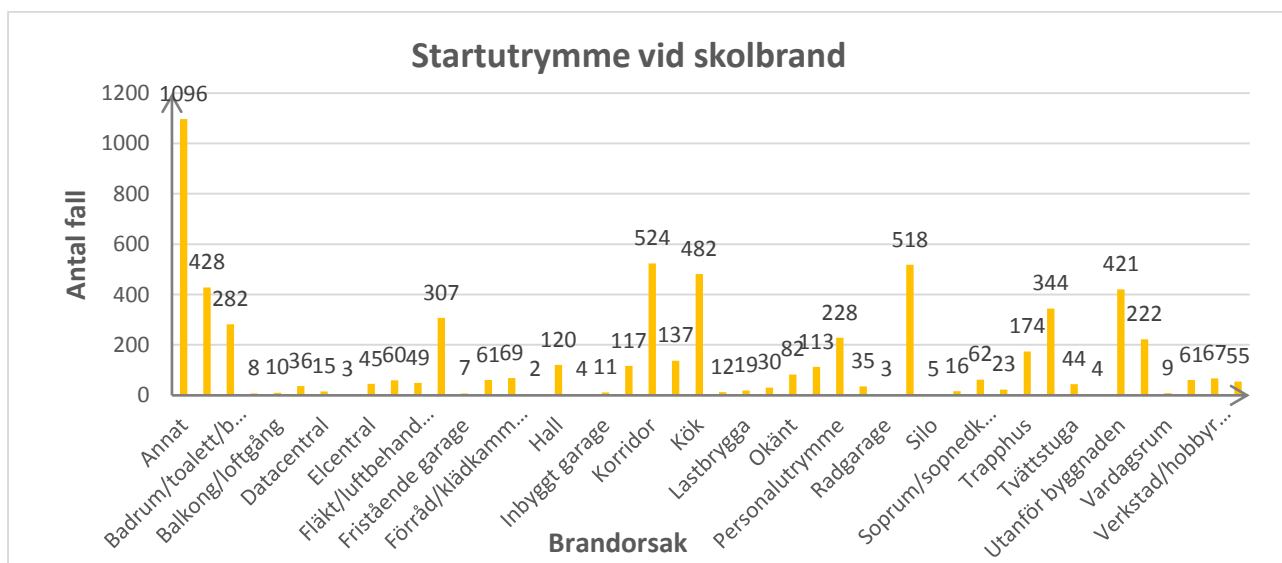
Nedan följer ett diagram över brandorsak vid skolbränder. Hälften av larmen under perioden 1998-2013 är anlagda med uppsåt. Andra vanliga orsaker är tekniska fel och okända anledningar.



Figur B10-1. Statistik över brandorsaker vid skolbränder.

### Startutrymme vid skolbrand

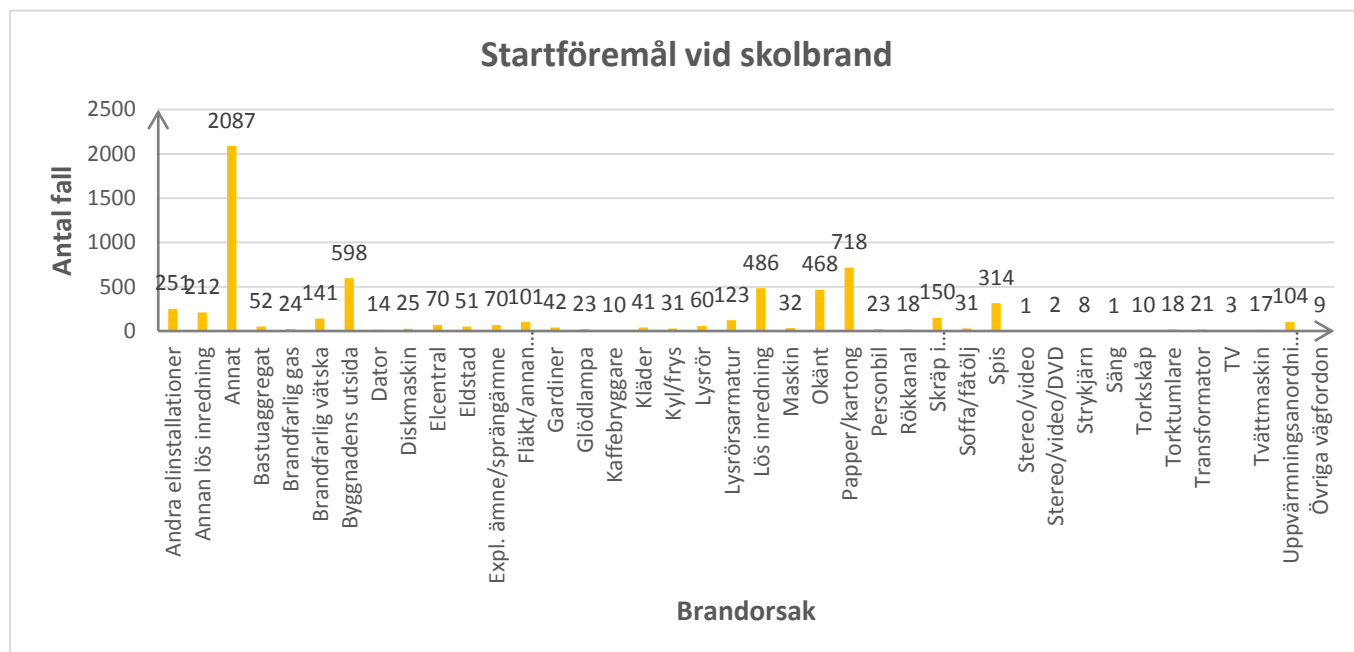
Startutrymmet för skolbränder varierar kraftigt men sammanfattningsvis går det att säga att utrymmen som det finns en stor tillgång till är mest drabbade.



Figur B10-2. Statistik över startutrymme vid skolbränder.

## Startföremål vid skolbrand

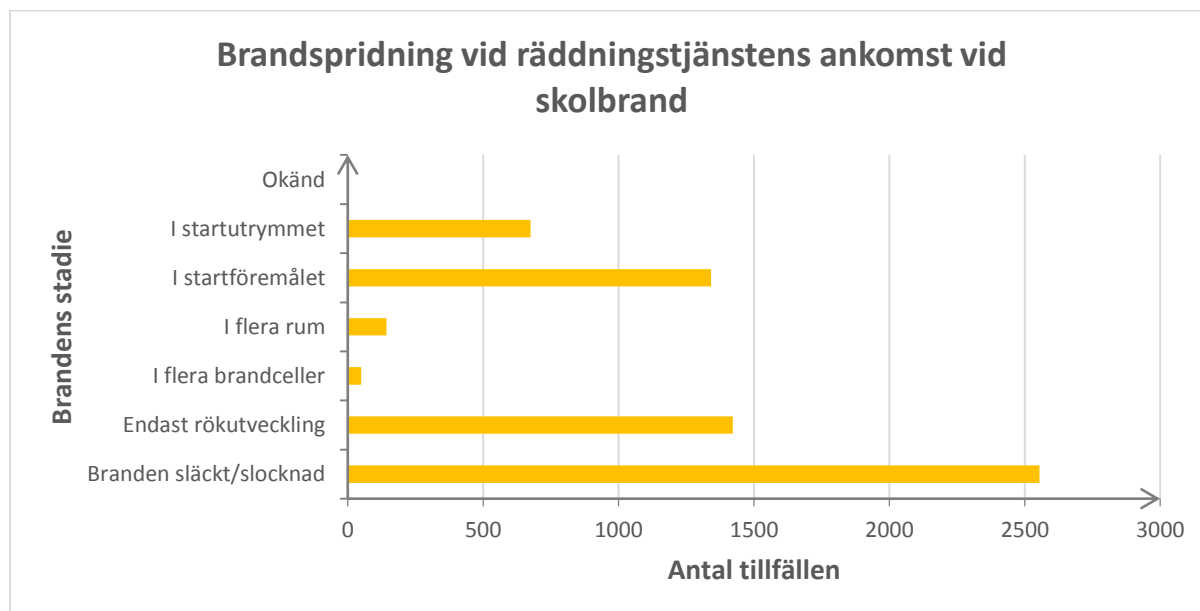
Majoriteten av startföremålen är inte definierade. Vanliga startföremål är bland annat papper och kartong, lös inredning samt byggnadens utsida.



Figur B10-3. Statistik över startföremål vid skolbrand.

## Brandspridning vid räddningstjänstens ankomst vid skolbrand

Diagrammet nedan beskriver brandspridningen vid räddningstjänstens ankomst vid skolbrand. I de flesta fall är branden redan släckt.



Figur B10-4. Statistik över brandspridningens omfattning vid skolbränder.

# BILAGA 11 – KVALITETSGRANSKNING AV SIMULERINGAR I FDS

För att FDS simuleringar ska ske på rätt sätt måste både input data och output data kontrolleras.

## *Kontroll av brandens effektutveckling*

Enligt (Nystedt, F. et al., 2011) borde den dimensionslösa effektutveckling  $Q^*$  ligga mellan 0,3 och 2,5.  $Q^*$  beräknas enligt Ekvation B11.1.

$$Q^* = \frac{\dot{Q}}{\rho_{\infty} * C_p * T_{\infty} * \sqrt{g * D} * D^2} \quad \text{Ekvation B11.1}$$

$$\rho_{\infty} = 1,2 \frac{kg}{m^3}, C_p = 1 \frac{kJ}{kg/K}, T_{\infty} = 293K, g = 9,81m/s^2$$

$Q^*$  = Brandens karakteristiska effektutveckling [kW]

$\dot{Q}$  = Brandens effektutveckling [kW]

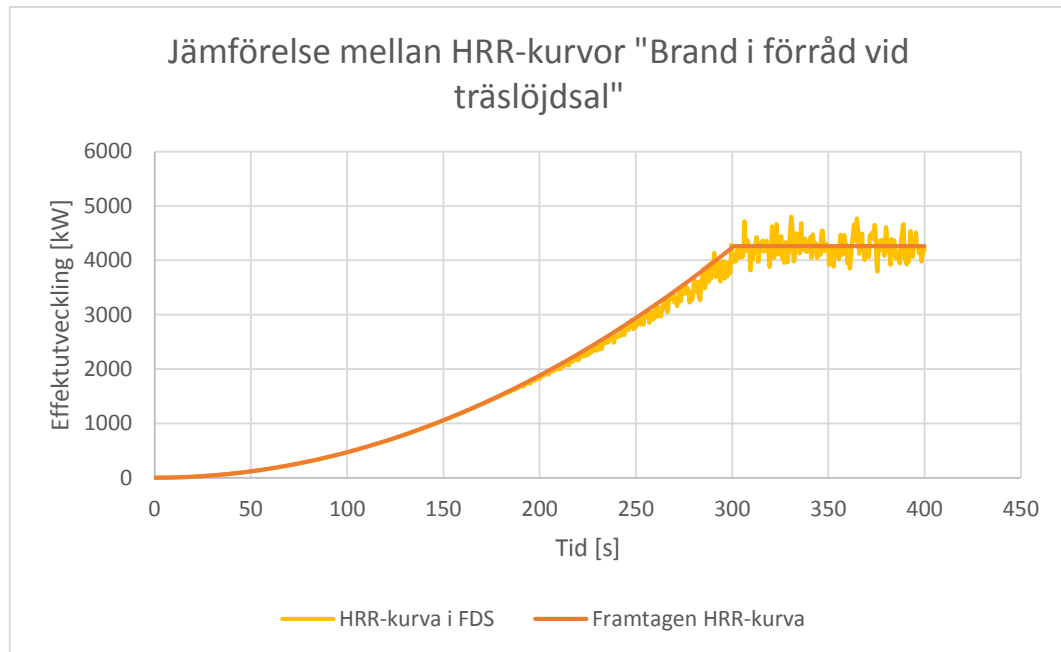
$D$  = Brandens diameter [m]

$$D_{eff} = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}} \quad \text{Ekvation B11.2}$$

$A$  = arean på brandens yta [m<sup>2</sup>]

## B11.1 Brandscenario – Brand i förråd vid träslöjdsal

Som Figur B11-1 visar stämmer den framtagna HRR-kurvan väl med HRR-kurvan som togs fram i FDS. Simuleringarna i FDS varar i 400 sekunder. I simuleringen tas ingen hänsyn till avsvlningsfasen då branden inte nått denna under simuleringstiden. Dessutom antas det att personer som befinner sig i byggnad C hinner med största sannolikhet hinner utrymma inom 400 sekunder.



Figur B11-1 Jämförelse mellan framtagna och simulerad HRR-kurva för brand i förråd vid träslöjdsal.

För att inte programmet FDS, som har problem att simulera underventilerade bränder, skulle stöta på några problem simulerades scenariot ”Brand i förråd vid träslöjdsalen” med en öppning i golvet. Brandens effekt sänktes till den beräknade effekten för ventilations kontrollerad brand i utrymmet. Flödet genom öppningen kontrollerades så att det har skett ett flöde in i rummet under hela simuleringen.

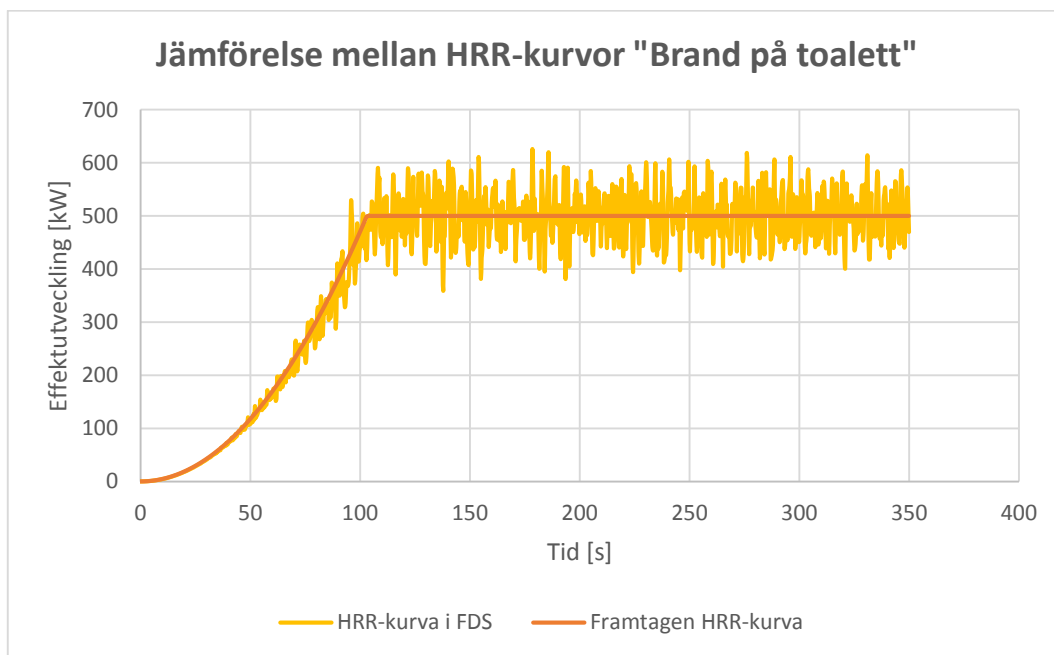
Kontroll av  $Q^*$  gjorde att branden i FDS fick minskas och ansättas till en area på  $6 \text{ m}^2$  för att hamna inom spannet 0,3 – 2,5.

$$2,76 = \sqrt{\frac{4 * 6}{\pi}}$$

$$0,303 = \frac{4250}{1,2 * 1 * 293 * \sqrt{9,81 * 2,76 * 2,76^2}}$$

## B11.2 Brandscenario – Brand på toalett

Som Figur B11-2 visar stämmer den framtagna HRR-kurvan väl med HRR-kurvan som simulerades fram i FDS. Simuleringarna i FDS varar under 350 sekunder då detta är den tid maxeffekten varar innan brandförloppet går över i en avsvalningsfas. I simuleringen tas ingen hänsyn till avsvalningsfasen då det endast är en liten del av den totala energimängden som representeras av denna. Dessutom antas det att personer som befinner sig i byggnad C hinner med största sannolikhet utrymma inom 350 sekunder.



Figur B11-2 Jämförelse mellan framtagna och simulerad HRR-kurva för "Brand på toalett".

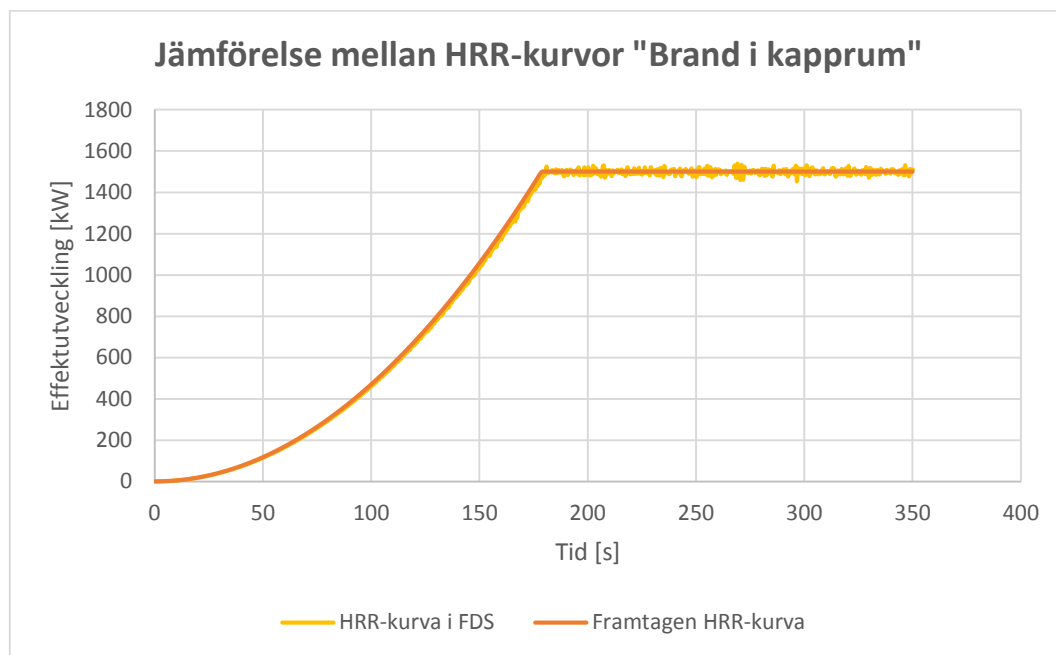
Kontroll av  $Q^*$  visade att branden inte behövde ändras.

$$1,13 = \sqrt{\frac{4 * 1}{\pi}}$$

$$0,336 = \frac{500}{1,2 * 1 * 293 * \sqrt{9,81 * 1,13 * 1,13^2}}$$

### B11.3 Brandscenario – Brand i kapprum

Som Figur B11-3 visar stämmer den framtagna HRR-kurvan väl med HRR-kurvan som simulerades fram i FDS. Simuleringarna i FDS varar under 350 sekunder då detta är den maxeffekten varar innan brandförloppet går över i en avsvalningsfas. I simuleringen tas ingen hänsyn till avsvalningsfasen då det endast är en liten del av den totala energimängden som representeras av denna. Dessutom antas det att personer som befinner sig i byggnad E med största sannolikhet hinner utrymma inom 350 sekunder.



Figur B11-3 Jämförelse mellan framtagna och simulerad HRR-kurva för "Brand i kapprum".

Kontroll av  $Q^*$  gjorde att branden i FDS fick minskas och ansättas till en area på  $2 \text{ m}^2$  för att hamna inom spannet 0,3 – 2,5.

$$1,60 = \sqrt{\frac{4 * 2}{\pi}}$$

$$0,423 = \frac{1500}{1,2 * 1 * 293 * \sqrt{9,81 * 4,00 * 4,00^2}}$$



## B11.4 Kontroll av beräkningarnas upplösning

Det dimensionslösa talet  $D^*$ , också kallat brandens karakteristiska diameter, kan användas för att få fram bra värden på cellstorlekar i brandområdet vid simuleringar. Kvoten av  $D^*$  och  $\delta x$ , som är en cells sida i meter, ska helst ligga i intervallet 10 – 20 för att ge så bra värden som möjligt i och runt branden.

$$D^* = \frac{\dot{Q}}{\rho_{\infty} * C_p * T_{\infty} * \sqrt{g}} \quad \text{Ekvation B11.3}$$

$$\rho_{\infty} = 1,2 \frac{kg}{m^3}, C_p = 1 \frac{kJ}{kg}, T_{\infty} = 293K, g = 9,81m/s^2$$

$$\dot{Q} = \text{Brandens effektutveckling [kW]}$$

Tabell B11-1 lämplig cellstorlek vid branden i spannet för  $D^*/\delta x=10-20$

Brandscenario	$D^*$ [m]	$D^*/10$ [m]	$D^*/20$ [m]
Brand i förråd vid träslöjdsal	3,86	0,39	0,19
Brand på toalett	0,45	0,05	0,02
Brand i kapprum	1,36	0,14	0,07

Vid alla bränder har cellstorleken 0.1 meter använts. I Tabell B11-1 kan man se att i ”Brand i kapprum” är cellstorleken bra och i ”Brand i förråd vid träslöjdsal” är celler mindre än behövt vilket är okej. Vid ”Brand på toalett” borde mindre celler använts men för att få en rimlig simuleringstid valdes 0,1 meter celler att användas. Detta anses fortfarande ge ett resultat som går att använda.



# BILAGA 12 – INDATAFIL FÖR FDS/BYGGNAD E

HusE\_3.fds

Generated by PyroSim - Version 2014.4.1208

-----User Section (not generated by PyroSim)-----

&SURF ID='ADIABATIC', COLOR='GRAY 80', ADIABATIC=.TRUE./

-----PyroSim-generated Section-----

&HEAD CHID='HusE\_3'/

&TIME T\_END=450.0/

&DUMP RENDER\_FILE='HusE\_3.ge1', DT\_RESTART=300.0/

&MESH ID='MESH07', IJK=40,54,36, XB=12.6,16.6,-1.4,4.0,-0.4,3.2/

&MESH ID='MESH01', IJK=96,72,36, XB=8.0,17.6,4.0,11.2,-0.4,3.2/

&MESH ID='MESH08', IJK=90,48,30, XB=-1.0,8.0,8.0,12.8,-0.4,2.6/

&MESH ID='MESH', IJK=90,80,30, XB=-1.0,8.0,0.0,8.0,-0.4,2.6/

&MESH ID='MESH02', IJK=80,72,30, XB=8.0,16.0,11.2,18.4,-0.4,2.6/

&MESH ID='MESH11-a', IJK=90,81,30, XB=-1.0,8.0,12.8,20.9,-0.4,2.6/

&MESH ID='MESH11-b', IJK=90,81,30, XB=-1.0,8.0,20.9,29.0,-0.4,2.6/

&MESH ID='MESH03', IJK=40,20,30, XB=12.0,16.0,18.4,20.4,-0.4,2.6/

&MESH ID='MESH04', IJK=32,54,30, XB=12.8,16.0,20.4,25.8,-0.4,2.6/

&MESH ID='MESH05', IJK=96,64,36, XB=8.0,17.6,25.8,32.2,-0.4,3.2/

&MESH ID='MESH12', IJK=45,36,15, XB=-1.0,8.0,29.0,36.2,-0.4,2.6/

&MESH ID='MESH15', IJK=24,20,15, XB=8.0,12.8,32.2,36.2,-0.4,2.6/

&MESH ID='MESH09', IJK=36,72,36, XB=12.8,16.4,32.2,39.4,-0.4,3.2/

&MESH ID='MESH10', IJK=20,20,15, XB=8.0,12.0,0.0,4.0,-0.4,2.6/

&MESH ID='MESH06', IJK=24,25,15, XB=16.0,20.8,16.0,21.0,-0.4,2.6/

&REAC ID='Cotton',

FYI='Oscar Alvarsson googling',

FUEL='REAC\_FUEL',

C=13.5,

H=18.0,

O=6.5,

AUTO\_IGNITION\_TEMPERATURE=0.0,

CO\_YIELD=0.129,

SOOT\_YIELD=0.055,

HEAT\_OF\_COMBUSTION=2.0E4/

&PROP ID='Cleary Ionization I1',

QUANTITY='CHAMBER OBSCURATION',

ALPHA\_E=2.5,

BETA\_E=-0.7,

ALPHA\_C=0.8,

BETA\_C=-0.9/

&DEVC ID='Smoke detector Kapprum', PROP\_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=14.6,8.5,2.9/

&DEVC ID='BEAM Klassrum E8', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=0.0,6.9,0.0,6.8,1.6,1.6/

&DEVC ID='BEAM Klassrum E68', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=2.1,6.3,11.2,17.4,1.6,1.6/

&DEVC ID='BEAM Klassrum E66', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=2.2,7.8,22.4,27.6,1.6,1.6/

&DEVC ID='BEAM Kapprum E59', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=8.0,17.6,27.6,27.6,1.6,1.6/

&DEVC ID='BEAM1 Kapprum E59', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=8.0,17.6,27.6,30.0,1.6,1.6/

&DEVC ID='Beam Passage till A-huset', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=-

0.6,6.3,9.0,10.9,1.6,1.6/

&DEVC ID='BEAM2 Kapprum E59', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=14.5,14.5,26.0,36.2,1.6,1.6/

&DEVC ID='Beam klassrum E2', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=7.9,17.4,9.0,9.0,0.0,3.0/

&DEVC ID='LAYER Klassrum E8', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=3.7,3.7,4.3,4.3,0.0,3.0/  
&DEVC ID='LAYER Kapprum E2', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=10.4,10.4,9.5,9.5,0.0,3.0/  
&DEVC ID='LAYER Passage till A-huset', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=4.0,4.0,9.7,9.7,0.0,3.0/  
&DEVC ID='LAYER Klassrum E68', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=3.9,3.9,14.6,14.6,0.0,3.0/  
&DEVC ID='LAYER Klassrum E66', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=3.9,3.9,25.2,25.2,0.0,3.0/  
&DEVC ID='LAYER Klassrum E59', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=13.2,13.2,28.4,28.4,0.0,3.0/

&CTRL ID='Door', FUNCTION\_TYPE='TIME\_DELAY', DELAY=60.0, LATCH=.FALSE.,  
INPUT\_ID='latch'/  
&CTRL ID='latch', FUNCTION\_TYPE='ALL', LATCH=.TRUE., INPUT\_ID='Smoke detector Kapprum'/  
&CTRL ID='Door1', FUNCTION\_TYPE='TIME\_DELAY', DELAY=60.0, LATCH=.FALSE.,  
INPUT\_ID='latch'/

&MATL ID='CONCRETE',  
FYI='NBSIR 88-3752 - ATF NIST Multi-Floor Validation',  
SPECIFIC\_HEAT=0.88,  
CONDUCTIVITY=1.2,  
DENSITY=2200.0/  
&MATL ID='Wood',  
SPECIFIC\_HEAT=0.4,  
CONDUCTIVITY=0.14,  
DENSITY=500.0/  
&MATL ID='MineralWool',  
FYI='Isolatek BLAZE-SHIELD DC/F - WTC FDS5 Validation',  
SPECIFIC\_HEAT=0.84,  
CONDUCTIVITY=0.4,  
DENSITY=25.0/

&SURF ID='CONCRETE',  
COLOR='GRAY 60',  
BACKING='VOID',  
MATL\_ID(1,1)='CONCRETE',  
MATL\_MASS\_FRACTION(1,1)=1.0,  
THICKNESS(1)=0.2/  
&SURF ID='ADIABATIC',  
COLOR='GRAY 80',  
ADIABATIC=.TRUE./  
&SURF ID='WOOD',  
RGB=102,51,0,  
BACKING='VOID',  
MATL\_ID(1,1)='Wood',  
MATL\_MASS\_FRACTION(1,1)=1.0,  
THICKNESS(1)=0.1/  
&SURF ID='MineralWool',  
RGB=255,239,6,  
BACKING='VOID',  
MATL\_ID(1,1)='MineralWool',  
MATL\_MASS\_FRACTION(1,1)=1.0,  
THICKNESS(1)=0.2/  
&SURF ID='Brand',  
COLOR='RED',  
HRRPUA=750.0,  
TAU\_Q=-180.0/

&OBST XB=10.8,11.0,4.0,5.8,0.0,3.0, SURF\_ID='CONCRETE'/ Obstruction  
&OBST XB=11.0,11.4,5.6,5.8,0.0,3.0, SURF\_ID='CONCRETE'/ Obstruction  
&OBST XB=7.8,8.0,4.6,6.0,0.0,3.0, SURF\_ID='CONCRETE'/ Obstruction  
&OBST XB=7.8,8.0,7.0,8.6,0.0,3.0, SURF\_ID='CONCRETE'/ Obstruction  
&OBST XB=-0.8,-0.6,1.33227E-15,8.6,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=-0.6,7.8,8.2,8.4,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction

&OBST XB=-0.8,-0.6,9.6,16.2,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=-0.6,5.8,11.0,11.2,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=17.4,17.6,8.4,8.6,0.0,2.4, SURF\_ID='ADIABATIC'/ Obstruction  
&OBST XB=15.2,17.6,11.0,11.2,0.0,3.0, SURF\_ID='CONCRETE'/ Obstruction  
&OBST XB=17.4,17.6,10.6,11.0,0.0,2.4, SURF\_ID='ADIABATIC'/ Obstruction  
&OBST XB=7.8,14.2,11.0,11.2,0.0,3.0, SURF\_ID='CONCRETE'/ Obstruction  
&OBST XB=6.8,7.8,11.0,11.2,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=7.8,8.0,11.2,17.8,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=15.2,15.4,11.2,12.2,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=15.2,15.4,13.2,18.2,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=15.4,20.4,16.0,16.2,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=20.4,20.6,16.0,16.6,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=16.4,16.6,16.2,18.0,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=16.0,17.0,18.0,18.2,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=20.4,20.6,11.2,15.0,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=8.0,8.6,17.6,17.8,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=9.6,14.2,17.6,17.8,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=21.2,21.4,18.6,19.8,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=-0.8,-0.6,23.4,36.2,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=15.2,15.4,19.4,23.8,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=17.6,17.8,26.0,26.4,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=7.8,8.0,24.0,25.8,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=8.0,9.4,25.8,26.0,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=10.4,12.8,25.8,26.0,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=11.0,11.2,24.0,25.8,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=11.2,12.8,24.8,25.0,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=12.6,12.8,24.6,24.8,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=12.6,12.8,25.0,25.2,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=7.8,8.0,28.2,29.6,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=-0.6,7.8,28.6,28.8,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=7.8,8.0,31.6,34.6,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=8.0,11.0,31.6,31.8,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=-0.8,8.0,36.2,36.4,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=7.8,8.0,35.6,36.2,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=8.0,10.4,36.2,36.4,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=10.2,10.4,36.4,38.6,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=10.2,14.0,36.2,36.4,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=15.0,16.4,37.6,37.8,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=15.0,16.4,36.2,36.4,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=13.0,13.2,30.4,30.6,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=12.2,12.6,32.2,32.4,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=12.2,12.4,30.6,32.2,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=12.0,12.4,30.4,30.6,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=11.0,11.4,30.4,30.6,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=12.8,13.2,33.0,33.2,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=17.4,17.6,8.2,8.4,0.0,2.4, SURF\_ID='ADIABATIC'/ Obstruction  
&OBST XB=12.8,13.2,3.0,3.2,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=10.2,10.4,-2.4,0.0,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=10.4,13.8,-2.4,-2.2,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=-0.8,10.2,-0.2,2.498E-15,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=7.8,8.0,1.77636E-15,0.6,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=10.4,14.0,-0.2,2.498E-15,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=12.6,12.8,1.77636E-15,4.0,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=10.8,12.6,3.8,4.0,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=12.8,13.4,3.8,4.0,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=13.2,13.4,4.0,5.6,0.0,3.0, SURF\_ID='CONCRETE'/ Obstruction  
&OBST XB=13.0,13.4,5.6,5.8,0.0,3.0, SURF\_ID='CONCRETE'/ Obstruction  
&OBST XB=7.8,8.0,9.6,11.0,0.0,3.0, SURF\_ID='CONCRETE'/ Obstruction  
&OBST XB=7.8,10.8,4.4,4.6,0.0,3.0, PERMIT\_HOLE=.FALSE., SURF\_ID='CONCRETE'/ Obstruction  
&OBST XB=7.8,8.0,1.6,4.4,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction

&OBST XB=17.4,17.6,8.2,11.0,0.0,3.0, SURF\_ID='CONCRETE'/ Obstruction  
&OBST XB=17.6,17.8,26.0,28.8,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=21.6,22.8,11.0,11.2,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=-0.8,-0.6,8.6,9.6,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=15.0,16.4,-0.2,3.55271E-15,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=7.8,8.0,30.6,31.8,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=7.8,8.0,25.8,27.2,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=15.2,15.4,24.8,26.0,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=17.6,21.6,11.0,11.2,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=17.8,20.4,25.8,26.0,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=-0.8,-0.6,22.2,22.4,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=-0.8,-0.6,17.6,22.2,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=14.0,15.0,-1.6,-1.4,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=14.0,15.0,-0.2,7.21645E-16,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=11.4,12.0,5.6,5.8,0.0,3.0, SURF\_ID='CONCRETE'/ Obstruction  
&OBST XB=12.4,13.0,5.6,5.8,0.0,3.0, SURF\_ID='CONCRETE'/ Obstruction  
&OBST XB=7.8,8.0,8.6,9.6,0.0,3.0, SURF\_ID='CONCRETE'/ Obstruction  
&OBST XB=14.2,15.2,11.0,11.2,0.0,3.0, SURF\_ID='CONCRETE'/ Obstruction  
&OBST XB=7.8,8.0,0.6,1.6,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=7.8,8.0,6.0,7.0,0.0,3.0, SURF\_ID='WOOD'/ Obstruction  
&OBST XB=5.8,6.8,11.0,11.2,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=15.2,15.4,12.2,13.2,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=20.4,20.6,15.0,16.0,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=17.0,17.6,18.0,18.2,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=15.4,16.0,18.0,18.2,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=14.2,15.2,17.6,17.8,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=1.6,2.6,17.4,17.6,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=8.6,9.6,17.6,17.8,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=1.6,2.6,22.2,22.4,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=12.6,12.8,21.6,22.6,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=15.2,15.4,23.8,24.8,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=20.4,20.6,21.0,22.0,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=12.6,12.8,24.0,24.6,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=12.6,12.8,25.2,25.8,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=9.4,10.4,25.8,26.0,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=7.8,8.0,27.2,28.2,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=7.8,8.0,29.6,30.6,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=11.4,12.0,30.4,30.6,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=12.4,13.0,30.4,30.6,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=7.8,8.0,34.6,35.6,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=14.0,15.0,36.2,36.4,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=14.0,15.0,37.6,37.8,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=12.8,15.2,25.8,26.0,0.0,3.0, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=15.2,15.4,18.2,19.4,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=12.0,12.4,5.6,5.8,-2.77556E-17,3.0, SURF\_ID='CONCRETE'/ Obstruction  
&OBST XB=12.2,12.4,4.0,5.6,-2.77556E-17,3.0, SURF\_ID='CONCRETE'/ Obstruction  
&OBST XB=16.4,16.6,-1.4,1.94289E-16,-2.77556E-17,3.0, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=16.4,16.6,1.94289E-16,4.0,-2.77556E-17,3.0, SURF\_ID='CONCRETE'/ Obstruction  
&OBST XB=15.0,16.4,-1.4,-1.4,-2.77556E-17,3.0, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=16.4,16.6,4.0,8.0,-2.77556E-17,3.0, SURF\_ID='CONCRETE'/ Obstruction  
&OBST XB=16.4,17.6,8.0,8.2,-2.77556E-17,3.0, SURF\_ID='CONCRETE'/ Obstruction  
&OBST XB=8.0,8.0,17.8,18.4,-2.77556E-17,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=2.6,3.1,17.4,17.5,-2.77556E-17,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=2.6,3.2,17.5,17.6,-2.77556E-17,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=3.1,3.3,17.6,17.7,-2.77556E-17,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=3.2,3.4,17.7,17.8,-2.77556E-17,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=3.3,3.5,17.8,17.9,-2.77556E-17,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=3.4,3.6,17.9,18.0,-2.77556E-17,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=3.5,3.7,18.0,18.1,-2.77556E-17,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=3.6,3.8,18.1,18.2,-2.77556E-17,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction

&OBST XB=3.7,3.9,18.2,18.3,-2.77556E-17,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=3.8,4.0,18.3,18.4,-2.77556E-17,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=3.9,4.1,18.4,18.5,-2.77556E-17,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=4.0,4.2,18.5,18.6,-2.77556E-17,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=4.1,4.3,18.6,18.7,-2.77556E-17,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=4.2,4.4,18.7,19.8,-2.77556E-17,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=4.2,4.4,20.0,20.9,-2.77556E-17,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=4.2,8.0,19.8,20.0,-2.77556E-17,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=7.8,8.0,17.8,19.8,-2.77556E-17,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=7.8,8.0,20.0,20.9,-2.77556E-17,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=7.8,8.0,20.9,24.0,-2.77556E-17,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=2.6,3.1,22.3,22.4,-2.77556E-17,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=2.6,3.2,22.2,22.3,-2.77556E-17,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=3.0,3.3,22.1,22.2,-2.77556E-17,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=3.1,3.4,22.0,22.1,-2.77556E-17,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=3.2,3.5,22.0,22.0,-2.77556E-17,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=3.3,3.6,21.8,21.9,-2.77556E-17,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=3.4,3.7,21.7,21.8,-2.77556E-17,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=3.5,3.8,21.6,21.7,-2.77556E-17,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=3.6,3.9,21.5,21.6,-2.77556E-17,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=3.7,4.0,21.4,21.5,-2.77556E-17,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=3.8,4.1,21.3,21.4,-2.77556E-17,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=3.9,4.2,21.2,21.3,-2.77556E-17,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=4.0,4.3,21.1,21.2,-2.77556E-17,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=4.1,4.4,21.0,21.1,-2.77556E-17,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=4.2,4.4,20.9,21.0,-2.77556E-17,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=17.6,18.0,18.0,18.2,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=17.8,18.0,16.2,18.0,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=12.0,12.2,17.8,18.4,-2.77556E-17,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=12.0,12.2,18.4,20.0,-2.77556E-17,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=12.0,12.8,20.0,20.2,-2.77556E-17,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=12.6,12.8,20.2,20.4,-2.77556E-17,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=15.4,16.0,19.4,19.6,-2.77556E-17,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=15.4,16.0,20.8,21.0,-2.77556E-17,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=16.0,18.0,19.4,19.6,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=16.0,20.6,20.8,21.0,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=17.8,18.0,19.6,20.8,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=20.4,20.6,20.4,20.8,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=20.6,20.8,20.2,20.4,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=20.8,20.8,20.0,20.2,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=15.2,17.6,25.8,26.0,-2.77556E-17,3.0, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=12.8,14.0,38.4,38.6,-2.77556E-17,3.0, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=13.8,14.0,37.6,38.4,-2.77556E-17,3.0, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=16.4,16.6,29.0,32.2,-2.77556E-17,3.0, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=16.4,17.6,28.8,29.0,-2.77556E-17,3.0, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=13.2,13.4,30.4,32.2,-2.77556E-17,3.0, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=12.6,13.2,32.2,32.2,-2.77556E-17,3.0, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=12.6,12.8,32.2,36.2,0.0,2.6, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=12.8,13.2,32.4,35.6,2.4,2.5, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=12.8,13.4,35.6,35.8,-2.77556E-17,2.5, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=12.8,13.4,32.2,32.4,-2.77556E-17,3.0, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=13.2,13.4,32.4,35.6,-2.77556E-17,2.5, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=12.8,12.8,32.4,35.6,-2.77556E-17,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=12.8,12.8,35.8,36.2,-2.77556E-17,3.0, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=12.8,12.8,32.4,35.8,2.5,3.0, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=11.0,11.2,30.6,32.2,-2.77556E-17,3.0, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=11.2,12.2,32.2,32.2,-2.77556E-17,3.0, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=11.0,12.2,32.2,32.4,0.0,2.6, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=12.8,13.2,0.6,3.8,2.4,2.5, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=12.8,13.4,0.4,0.6,-2.77556E-17,2.5, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction

&OBST XB=13.2,13.4,0.6,3.8,-2.77556E-17,2.5, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=-0.8,-0.6,16.2,17.4,-2.77556E-17,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=-0.8,1.6,17.4,17.6,-2.77556E-17,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=-0.8,-0.6,22.4,23.4,-2.77556E-17,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=-0.8,1.6,22.2,22.4,-2.77556E-17,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=20.6,20.8,16.6,16.8,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=20.8,20.8,16.8,17.0,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=9.0,12.0,8.0,8.6,-2.77556E-17,1.5, SURF\_ID='ADIABATIC'/ Obstruction  
 &OBST XB=12.6,16.6,-1.4,4.0,3.0,3.2, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='MineralWool'/ Obstruction  
 &OBST XB=8.0,16.6,4.4,8.0,3.0,3.2, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='MineralWool'/ Obstruction  
 &OBST XB=8.0,17.6,8.0,11.2,3.0,3.2, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='MineralWool'/ Obstruction  
 &OBST XB=10.8,16.6,4.0,4.4,3.0,3.2, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='MineralWool'/ Obstruction  
 &OBST XB=8.0,16.6,29.0,31.8,3.0,3.2, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=8.0,17.6,25.8,29.0,3.0,3.2, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=11.0,16.6,31.8,32.2,3.0,3.2, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=12.8,14.0,37.8,38.6,3.0,3.2, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=12.8,16.4,32.2,37.8,3.0,3.2, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=8.0,17.6,11.0,11.2,2.4,2.6, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=-0.8,7.8,8.0,11.0,2.4,2.6, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=-0.8,8.0,11.0,12.8,2.4,2.6, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=8.0,10.8,4.0,4.4,2.4,2.6, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=-0.8,7.8,4.4,8.0,2.4,2.6, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=-0.8,8.0,0.0,4.4,2.4,2.6, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=8.0,16.0,11.2,18.4,2.4,2.6, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=-0.8,8.0,12.8,20.9,2.4,2.6, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=-0.8,7.8,25.8,29.0,2.4,2.6, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=-0.8,8.0,20.9,25.8,2.4,2.6, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=12.0,16.0,18.4,20.4,2.4,2.6, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=12.8,16.0,20.4,25.8,2.4,2.6, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=8.0,17.6,25.8,25.8,2.4,2.6, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=8.0,11.0,31.8,32.2,2.4,2.6, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=-0.8,7.8,29.0,31.8,2.4,2.6, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=-0.8,8.0,31.8,36.2,2.4,2.6, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=8.0,11.0,32.2,32.4,2.4,2.6, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=8.0,12.6,32.4,36.2,2.4,2.6, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=8.0,10.8,3.8,4.0,2.4,2.6, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=8.0,12.0,0.0,3.8,2.4,2.6, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=16.0,20.8,16.0,21.0,2.4,2.6, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=12.6,16.6,-1.4,1.94289E-16,-0.3,-0.1, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=12.8,16.4,1.94289E-16,0.4,-0.3,-2.77556E-17, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='CONCRETE'/  
 Obstruction  
 &OBST XB=13.4,16.4,0.4,4.0,-0.3,-2.77556E-17, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='CONCRETE'/  
 Obstruction  
 &OBST XB=12.6,13.4,4.0,4.0,-0.3,-2.77556E-17, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='CONCRETE'/  
 Obstruction  
 &OBST XB=12.6,12.6,1.94289E-16,3.8,-0.3,-0.1, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=8.0,16.4,4.6,8.2,-0.3,-2.77556E-17, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='CONCRETE'/ Obstruction  
 &OBST XB=8.0,17.4,8.2,11.0,-0.3,-2.77556E-17, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='CONCRETE'/  
 Obstruction  
 &OBST XB=8.0,17.6,11.0,11.2,-0.3,-0.1, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=11.0,16.4,4.0,4.6,-0.3,-2.77556E-17, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='CONCRETE'/  
 Obstruction  
 &OBST XB=8.0,10.8,4.0,4.4,-0.3,-0.1, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=-0.8,7.8,8.0,11.0,-0.3,-0.1, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=-0.8,8.0,11.0,12.8,-0.3,-0.1, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=-0.8,7.8,4.4,8.0,-0.3,-0.1, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=-0.8,8.0,0.0,4.4,-0.3,-0.1, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=8.0,16.0,11.2,18.4,-0.3,-0.1, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=-0.8,8.0,12.8,20.9,-0.3,-0.1, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=-0.8,8.0,20.9,29.0,-0.3,-0.1, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='INERT'/ Obstruction



&OBST XB=12.0,16.0,18.4,20.4,-0.3,-0.1, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=12.8,16.0,20.4,25.8,-0.3,-0.1, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=8.0,16.6,29.0,32.2,-0.3,-0.1, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=8.0,17.6,25.8,29.0,-0.3,-0.1, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=-0.8,8.0,29.0,36.2,-0.2,0.0, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=8.0,12.8,32.2,36.2,-0.2,0.0, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=12.8,14.0,37.8,38.6,-0.3,-0.1, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=12.8,16.4,32.2,37.8,-0.3,-0.1, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=8.0,10.8,3.8,4.0,-0.2,0.0, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=8.0,12.0,0.0,3.8,-0.2,0.0, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=11.0,12.0,4.0,4.0,-0.2,0.0, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='CONCRETE'/ Obstruction  
&OBST XB=16.0,20.8,16.0,21.0,-0.2,0.0, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='INERT'/ Obstruction

&HOLE XB=7.8,8.01,8.6,9.6,0.0,2.0/ Hole  
&HOLE XB=14.2,15.2,11.0,11.21,0.0,2.0/ Hole  
&HOLE XB=7.8,8.01,0.6,1.6,0.0,2.0/ Hole  
&HOLE XB=14.2,15.2,17.6,17.8,0.0,2.0/ Hole  
&HOLE XB=1.6,2.6,17.4,17.6,0.0,2.0/ Hole  
&HOLE XB=1.6,2.6,22.2,22.4,0.0,2.0/ Hole  
&HOLE XB=7.8,8.01,27.2,28.2,0.0,2.0/ Hole  
&HOLE XB=7.8,8.02,29.6,30.6,0.0,2.0/ Hole  
&HOLE XB=7.8,8.02,34.6,35.6,1.9,2.0/ Hole  
&HOLE XB=14.0,15.0,36.2,36.4,0.0,2.0/ Hole  
&HOLE XB=12.8,15.2,25.79,26.0,0.0,2.0/ Hole  
&HOLE XB=15.2,15.4,18.2,19.4,0.0,2.0/ Hole  
&HOLE XB=14.0,15.0,37.6,37.8,0.0,2.0/ Hole  
&HOLE XB=7.8,8.01,6.0,7.0,0.0,2.0, CTRL\_ID='Door'/ OpenDoor  
&HOLE XB=5.8,6.8,11.0,11.2,0.0,2.0, CTRL\_ID='Door1'/ OpenDoor1

&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=12.8,16.4,39.4,39.4,-0.4,3.2/ Mesh Vent: MESH09 [YMAX]  
&VENT SURF\_ID='Brand', XB=10.0,11.0,8.0,8.0,0.5,1.5, IOR=-2/ Fire1  
&VENT SURF\_ID='Brand', XB=10.0,11.0,8.6,8.6,0.5,1.5, IOR=2/ Fire2

&ISOF QUANTITY='TEMPERATURE', VALUE=80.0/

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBZ=2.3/  
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=15.0/  
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBY=6.5/  
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBY=9.1/  
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=6.3/  
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=2.2/  
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBY=27.6/  
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBY=30.0/  
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBY=18.8/  
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBZ=1.6/  
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBZ=1.2/  
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBY=8.3/  
&SLCF QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE., PBY=8.3/  
&SLCF QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE., PBZ=2.3/  
&SLCF QUANTITY='TURBULENCE RESOLUTION', VECTOR=.TRUE., PBY=8.3/  
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBZ=1.6/  
&SLCF QUANTITY='TURBULENCE RESOLUTION', VECTOR=.TRUE., PBZ=2.3/  
&SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='CARBON MONOXIDE', PBZ=1.6/  
&SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='CARBON DIOXIDE', PBZ=1.6/  
&SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='OXYGEN', PBZ=1.6/

&TAIL /

