

# Brandteknisk riskvärdering av Västralid äldreboende i Olofström

*Fabian Ardin*  
*Gustaf Berglund*  
*Andreas Håkansson*  
*Martin Thomasson*

---

Department of Fire Safety Engineering  
Lund University, Sweden

Brandteknik  
Lunds tekniska högskola  
Lunds universitet

Rapport 9483  
Lund 2015



**LUNDS UNIVERSITET**  
Lunds Tekniska Högskola



# **Brandteknisk riskvärdering av Västralid äldreboende i Olofström**



**Fabian Ardin  
Gustaf Berglund  
Andreas Håkansson  
Martin Thomasson**

**Lund 2015**

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.



**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 Västralid äldreboende i Olofström/Fire safety evaluation of Västralid nursing home in Olofström.

**Rapport/Report**

9483

**Av/By**

Fabian Ardin

Gustaf Berglund

Andreas Håkansson

Martin Thomasson

**Sökord**

Brandteknisk riskvärdering, Västralid, Olofström, äldreboende, assisterad utrymning, brand, FDS, PFS, ventilationsbrandskydd, hisschakt, skorstenseffekt

**Keywords**

Fire safety evaluation, nursing home, assisted egress, evacuation, fire, FDS, PFS, fire protection for ventilation systems, elevator shaft, stack effect

**Antal sidor/Number of pages**

164

**Språk/Language**

Svenska/Swedish

## **Abstract**

This report is a fire safety evaluation of Västralid nursing home in Olofström. The object consist of three connected housing bodies, first built in the 1970's. At first, the buildings were used as regular apartments, but they were converted into nursing apartments for elderly people in the 1990's.

In the report, an analysis of fire scenarios are compared to egress scenarios to evaluate the personal safety in case of a fire.

The results are that today, egress takes substantially more time than the time it takes for the conditions to become critical. The conclusion is that the fire protection is poor in the perspective of personal safety. A specific risk observed in the buildings is substandard fire compartmentation, since the ventilation system and elevator shaft break through the fire compartments. The means of egress are limited because the escape routes in many cases are blocked and not adapted for the facility.

To achieve a satisfying personal fire safety a number of measures are proposed. It is important that all of the measures are undertaken as a whole, and not individually. If all of the measures are undertaken the fire safety is deemed satisfactory.

# Sammanfattning

Denna rapport är en brandteknisk riskvärdering av äldreboendet Västralid i Olofström. Vårdtagarna utgörs av äldre med funktionsnedsättningar vilket medför att de inte kan förväntas utrymma på egen hand. Verksamhetsklassen är därför Vk5B enligt BBR. Objektet består av tre sammanbyggda huskroppar i fyra till fem plan som byggdes på 1970-talet. Byggnadsklassen är därför Br1 enligt BBR. Byggnaderna brukades inledningsvis som bostadslägenheter men byggdes om till service-boende för äldre under 1990-talet.

I rapporten görs en scenarioanalys där brandscenarier jämförs med utrymningsscenarier för att utvärdera personsäkerheten i händelse av brand. Resultatet visar att utrymning idag tar väsentligt längre tid än tiden till kritiska förhållanden. Slutsatsen är därmed att brandskyddet är undermåligt utifrån ett personsäkerhetsperspektiv.

Ett studiebesök genomfördes på Västralid där samtliga huskroppar och våningsplan inventeras med avseende på personsäkerhet vid utrymning. Ett antal brandscenarier identifieras utifrån tidigare tillbud och statistik från MSB varav de tre värsta troliga utreds kvantitativt. Brandscenarierna simuleras för att uppskatta tiden till kritiska förhållanden, dessa utgörs av acceptanskriterierna för säker utrymning i BBRAD. Tiden jämförs med uppskattade utrymningstider för att uppskatta om en tillfredsställande utrymning är möjlig.

En särskild risk som identifierats i byggnaderna är undermålig brandcellsindelning eftersom ventilationssystem och hisschakt bryter i genom brandcellsgränser. Utrymningsmöjligheter bedöms vara begränsade eftersom utrymningsvägarna inte är anpassade för verksamheten och i många fall är blockerade.

För att uppnå en tillfredsställande personsäkerhet i händelse av brand ges följande förslag på åtgärder som ska utföras. Det är av stor vikt att samtliga punkter genomförs.

- Ventilationssystemet *ska* åtgärdas för att förhindra brandgasspridning via detta.
- Korridorer på våningsplanen i huskropparna *ska* hållas helt fria från möbler, sopsortering och andra föremål.
- Om korridorerna ska brukas som dagrum *ska* dessa avskiljas med en brandklassad vägg och brandklassad dörr, gärna magnetuppställd med automatisk stängning vid detektion av brand.
- Dörrstängare *ska* installeras på samtliga dörrar som vetter ut mot korridorerna i huskropparna. Dessa dörrar *ska* också vara brandklassade.
- Magnetdörrarna på markvåningen *ska* ses över för att försäkra att dessa fungerar tillfredsställande.

## **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

Rapporten vänder sig till personer med samma utbildning som författarna, men som inte har läst kursen *Brandteknisk Riskvärdering*. Det kan därför förekomma facktermer utan närmare förklaring.

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

Bjarne Husted	Avdelningen för Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola.
Ann-Sophie Jakobsson	Räddningstjänsten Västra Blekinge
Simon Älgne	Räddningstjänsten Västra Blekinge
Gunnar Naumansson	Räddningstjänsten Västra Blekinge
Polina Gordonova	Brandskyddslaget, Malmö
Thomas de Korostenski	Brandskyddslaget, Stockholm
Eva Johnsson med personal	Västralid, Olofström
Jens Tillgren	Tunaskolan, Lund
Jussi Dahlin Alexander Elias Martin Forssberg Oscar Karlsson Jesper Kjellström	Opponeringsgrupp, Brandingenjörsstudenter, Lunds Tekniska Högskola.
Nerma Hajic Pernilla Lindau Karolina Lundh Sofia Majtorp	För hjälp vid experiment med utrymningsmadrass, Brandingenjörsstudenter, Lunds Tekniska Högskola.

## Lista över förkortningar

A 60	Äldre betäckning för EI 60. Dörr eller vägg som motverkar brand- och brandgasspridning i minst 60 minuter.
B 30	Äldre beteckning för EI 30. Dörr eller vägg som motverkar brand- och brandgasspridning i minst 30 minuter.
BBR	Boverkets byggregler
BBRAD	Boverkets allmänna råd om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd
CFD	Computational Fluid Dynamics
FDS	Fire Dynamics Simulator
FT-system	Ventilationssystem med från- och tilluft
HRRPUA	Heat Release Rate per Unit Area
IV-aggregat	Ventilationsaggregat från IV-produkt AB
LES	Large Eddy Simulation
LSO	Lagen (2003:778) om skydd mot olyckor
MSB	Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap
NIST	National Institute of Standards and Technology
PBF	Plan- och byggförordningen (2011:338)
PBL	Plan- och bygglagen (2010:900)
PFS	Program for Flow Systems
SBA	Systematiskt brandskyddsarbete
SCB	Statistiska Centralbyrån
SFPE	Society of Fire Protection Engineers
SFS	Svensk författningssamling

# Lista över symboler

Beteckning	Betydelse	Enhet
$A_F$	Golvyta	[m <sup>2</sup> ]
$A_L$	Läckagearea	[m <sup>2</sup> ]
$A_{max}$	Maximal area	[m <sup>2</sup> ]
$A_O$	Dörröppningens area	[m <sup>2</sup> ]
$A_T$	Total omslutningsarea minus dörröppning	[m <sup>2</sup> ]
$A_W$	Väggyta	[m <sup>2</sup> ]
$c_p$	Specifik värmekapacitet	[J/kgK]
$D^*$	Karakteristisk bränslediameter	[m]
$E$	Brandbelastning	[MJ]
$g$	Gravitationskonstanten (~9,81)	[m/s <sup>2</sup> ]
$h_k$	Effektiv värmeöverföringskoefficient	[W/m <sup>2</sup> K]
$H_O$	Dörröppningens höjd	[m]
$\Delta H_c$	Förbränningsvärme	[MJ/kg]
$H_{Takhöjd}$	Höjd till tak	[m]
$k$	Värmekonduktivitet	[W/mK]
$k\rho c$	Termisk tröghet	[W <sup>2</sup> s/m <sup>4</sup> K <sup>2</sup> ]
$\dot{m}_a$	Massflöde luft in	[kg/s]
$\dot{q}_r''$	Infallande strålning	[kW/m <sup>2</sup> ]
$\dot{Q}$	Brandeffekt	[kW]
$\dot{Q}_{FO}$	Brandeffekt vid övertändning	[kW]
$r$	Radie	[m]
$R$	Avstånd från branden	[m]
$t$	Tid	[s]
$t_{förberedelse}$	Tid att förbereda handling	[s]
$t_{förflyttning}$	Tid för förflyttning	[s]
$t_{kritisk}$	Tid till kritiska förhållande	[s]
$t_{varseblivning}$	Tid för varseblivning	[s]
$T_\infty$	Omgivande lufts temperatur	[K]
$X_r$	Strålningsandel	[-]
$y_{co}$	Koloxidproduktion	[g/g]
$y_{soot}$	Sotproduktion	[g/g]
$\alpha$	Tillväxthastighet	[kW/s <sup>2</sup> ]
$\delta x$	cellstorlek	[m]
$\pi$	Pi (~3,14)	[-]
$\rho$	Densitet	[kg/m <sup>3</sup> ]
$\rho_\infty$	Omgivande lufts densitet	[kg/m <sup>3</sup> ]
$\chi$	Förbränningseffektivitet	[-]



## Innehåll (kortfattad)

1 Inledning.....	1
2 Vad säger lagen? .....	5
3 Objektsbeskrivning.....	7
4 Utrymning .....	11
5 Befintligt brandskydd .....	17
6 Riskidentifiering.....	21
7 Grovanalys av möjliga brandscenarier .....	27
8 Brandscenarier och dimensionerande bränder .....	33
9 Simulering av brandscenarier .....	41
10 Resultat från simulering av brandscenarier .....	49
11 Brandgasspridning via hisschakten .....	59
12 Brandgasspridning via ventilationssystemet .....	61
13 Samlad bedömning av brandscenarier.....	69
14 Utrymningsscenarier .....	71
15 Jämförelse av brand- och utrymningsscenarier .....	77
16 Slutsatser av nuvarande brandskydd .....	81
17 Åtgärdsförslag .....	83
18 Jämförelse av brand- och utrymningsscenarier efter åtgärdsförslag .....	89
19 Referenser.....	93
Bilaga A – Ritningar .....	A-1
Bilaga B – Brandscenarier.....	B-1
Bilaga C – FDS .....	C-1
Bilaga D – PFS.....	D-1
Bilaga E – Utrymningsberäkningar .....	E-1



## Innehåll (detaljerad)

1 Inledning.....	1
1.1 Bakgrund .....	1
1.2 Syfte och mål.....	2
1.3 Avgränsningar .....	2
1.4 Metod .....	2
2 Vad säger lagen? .....	5
2.1 Boverkets byggregler .....	5
2.2 Lag och förordning om skydd mot olyckor.....	5
2.2.1 Den enskildes ansvar .....	5
2.2.2 Kommunens ansvar .....	5
2.3 Arbetsmiljöverkets föreskrifter .....	6
3 Objektsbeskrivning.....	7
3.1 Beskrivning av byggnaderna .....	8
3.2 Beskrivning av verksamheten .....	9
4 Utrymning .....	11
4.1 Hyresgästernas möjligheter till utrymning.....	11
4.2 Utrymningsvägar .....	11
4.3 Utrymning med hjälp av räddningstjänst .....	15
4.4 Assisterad utrymning med utrymningsmadrass .....	15
4.5 Acceptanskriterier för säker utrymning.....	16
5 Befintligt brandskydd.....	17
5.1 Utrymning .....	17
5.2 Brandcellsindelning.....	17
5.3 Detektionssystem .....	17
5.4 Utrymningslarm .....	18
5.5 Släckutrustning.....	18
5.6 Skyltning .....	18
5.7 Ventilationssystemet vid brand .....	19
5.8 Hisschakten .....	19
5.9 Flamskyddsmedel.....	19
5.10 Systematiskt brandskyddsarbete .....	19
5.11 Räddningstjänst .....	19

6 Riskidentifiering.....	21
6.1 Vad säger statistiken?.....	21
6.1.1 Nationell statistik.....	21
6.1.2 Statistik från Västralid.....	22
6.2 Jämförelse av byggnaden mot nuvarande bygglagstiftning .....	23
6.3 Identifierade riskfaktorer.....	25
6.4 Antändningskällor .....	25
7 Grovanalys av möjliga brandscenarier.....	27
7.1 Brand i lägenhet .....	27
7.2 Brand i korridor.....	27
7.3 Brand i gemensamt kök/matplats .....	28
7.4 Brand i stora matsalen .....	28
7.5 Brand i soprum .....	29
7.6 Brand i förråd .....	29
7.7 Brand i ventilationsrum.....	30
7.8 Brand på vind .....	30
7.9 Brand på balkong .....	30
7.10 Brand i elcentral .....	30
7.11 Brand i tvättstuga/torkrum .....	30
7.12 Brand i storkök .....	31
7.13 Brand i hissmaskinrum.....	31
7.14 Sammanfattning och val av scenarier för fortsatt analys .....	32
8 Brandscenarier och dimensionerande bränder .....	33
8.1 Brandscenario 1 – Brand i korridor.....	33
8.2 Brandscenario 2 – Brand i lägenhet .....	37
8.3 Brandscenario 3 – Brand i tvättstuga .....	39
9 Simulering av brandscenarier.....	41
9.1 Fire Dynamics Simulator .....	41
9.2 Beräkningsdomänen .....	41
9.3 Geometri och material .....	42
9.4 Modellering av branden.....	43
9.5 Bränsle och brandgasernas sammansättning .....	43
9.6 Brandscenario 1 – Brand i korridor.....	45



9.6.1	Beräkningsdomän, geometri och material.....	45
9.6.2	Modellering av branden.....	45
9.7	Brandscenario 2 – Brand i lägenhet .....	46
9.7.1	Beräkningsdomän, geometri och material.....	46
9.7.2	Modellering av branden.....	46
9.8	Brandscenario 3 – Brand i tvättstuga .....	47
9.8.1	Beräkningsdomän, geometri och material.....	47
9.8.2	Modellering av branden.....	47
10	Resultat från simulering av brandscenarier .....	49
10.1	Resultat från Brandscenario 1 – Brand i korridor .....	50
10.2	Resultat från Brandscenario 2 – Brand i lägenhet.....	52
10.3	Resultat från Brandscenario 3 – Brand i tvättstuga.....	54
10.4	Diskussion .....	56
11	Brandgasspridning via hisschakten .....	59
12	Brandgasspridning via ventilationssystemet .....	61
12.1	Beskrivning av ventilationssystemet.....	61
12.2	Ventilationssystemet vid brand .....	62
12.3	PFS .....	62
12.4	Brandens placering .....	63
12.5	Flätkurva.....	64
12.6	Resultat från simuleringar i PFS .....	64
12.6.1	Gränsfall .....	64
12.6.2	Dimensionerande brandtryck .....	64
12.6.3	Dimensionerande brandflöde .....	65
12.7	Åtgärder för ventilationssystem .....	66
12.8	Känslighetsanalys.....	67
12.9	Diskussion .....	68
13	Samlad bedömning av brandscenarier.....	69
13.1	Bedömning av Brandscenario 1 – Brand i korridor .....	69
13.2	Bedömning av Brandscenario 2 – Brand i lägenhet.....	69
13.3	Bedömning av Brandscenario 3 – Brand i tvättstuga.....	69
14	Utrymningsscenarier .....	71
14.1	Utrymningsteori .....	71

14.1.1 Utrymningsfaser .....	71
14.1.2 Varseblivningstid .....	71
14.1.3 Förberedelsetid .....	71
14.1.4 Förflyttningstid.....	71
14.2 Tillvägagångssätt.....	71
14.3 Utrymningsberäkningar.....	72
14.4 Antagna utrymningsparametrar .....	73
14.5 Resultat utrymningstider .....	75
14.6 Diskussion av utrymningsscenarier.....	75
14.7 Känslighetsanalys .....	76
15 Jämförelse av brand- och utrymningsscenarier .....	77
15.1 Brandscenario 1 – Brand i korridor.....	77
15.2 Brandscenario 2 – Brand i lägenhet .....	78
15.3 Brandscenario 3 – Brand i tvättstuga .....	79
15.4 Diskussion och slutsats.....	80
16 Slutsatser av nuvarande brandskydd .....	81
17 Åtgärdsförslag .....	83
17.1 Åtgärder som ska vidtas .....	84
17.1.1 Åtgärda ventilationssystemet .....	85
17.1.2 Åtgärda brandbelastning i korridorer .....	85
17.1.3 Avskilj dagrum i korridorer.....	85
17.1.4 Installera dörrstängare och se över brandklassning.....	85
17.1.5 Se över magnetuppställda dörrar .....	86
17.2 Åtgärder som bör vidtas .....	86
17.2.1 Byta ut spiraltrappor.....	86
17.2.2 Installera ytterligare rökdetektorer .....	86
17.2.3 Installera nödbelysning .....	86
17.2.4 Införa rökruta med rökförkläder.....	86
17.2.5 Installera spisvakt.....	86
17.2.6 Huvudnyckel .....	86
17.2.7 Larmorganisation .....	87
17.3 Alternativa åtgärdsförslag .....	87
17.3.1 Boendesprinkler .....	87

17.3.2 Utrymningshiss.....	87
18 Jämförelse av brand- och utrymningsscenarier efter åtgärdsförslag.....	89
18.1 Slutsats efter åtgärdsförslag .....	91
19 Referenser.....	93
Bilaga A – Ritningar .....	A-1
A.1 Brandskyddsritningar .....	A-1
A.2 Ventilationsritningar.....	A-9
Bilaga B – Brandscenarier.....	B-1
B.1 Beräkningar för Brandscenario 1 - Brand i korridor .....	B-1
B.2 Beräkningar för brand i lägenhet .....	B-3
B.3 Beräkningar för brand i tvättstuga .....	B-3
Bilaga C – FDS .....	C-1
C.1 Härledning av parametrar för modellering av bränder .....	C-1
C.2 Input för Brandscenario 1 .....	C-3
C.3 Input för brandscenario 2.....	C-7
C.4 Input för brandscenario 3.....	C-10
Bilaga D – PFS.....	D-1
D.1 Guide till simuleringar i PFS.....	D-1
Bilaga E – Utrymningsberäkningar.....	E-1
E.1 Känslighetsanalys .....	E-4



# 1 Inledning

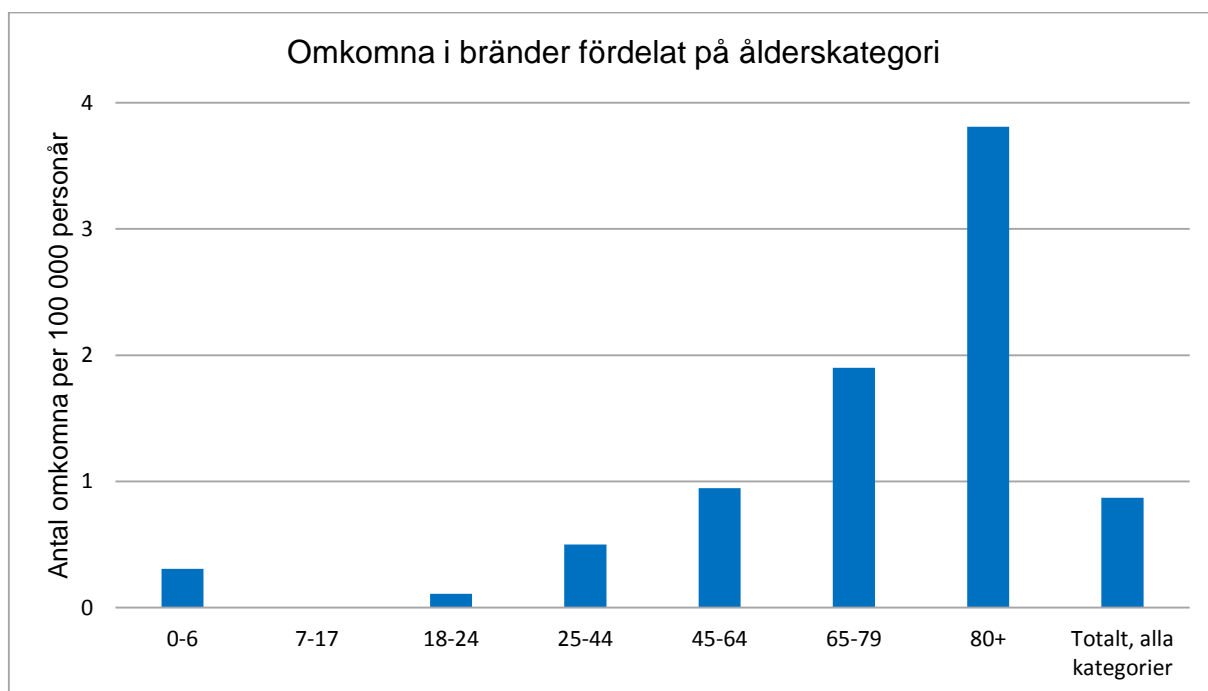
Nedan följer bakgrund, syfte, mål, metod och avgränsningar.

## 1.1 Bakgrund

Denna rapport är en del av kursen brandteknisk riskvärdering vid brandingenjörsutbildningen på Lunds Tekniska Högskola. Rapporten avser äldreboendet Västralid i Olofström.

Sommaren 2010 gjordes en inventering av brandskyddet vid vårdboenden i västra Blekinge och Västralid identifierades som ett riskobjekt. Objekten rangordnades efter olika riskfaktorer och Västralid rankades som det objekt som var näst mest prioriterat att åtgärda ur ett brandriskperspektiv i Olofströms kommun. (Palmqvist och Petersson, 2010)

Äldre är en av de grupper som har störst risk att omkomma i dödsbränder. *Figur 1.1* visar frekvens för dödsbränder i Sverige fördelad på ålderskategorier. Relativ risk för ålderskategorin 80+ jämfört med alla ålderskategorier är 4,4. Figuren är framställd med hjälp av befolkningsdata från SCB:s statistikdatabas och dödsbrandsstatistik från MSB. Anledningen till denna högre relativa risk kan bland annat vara att äldre har svårt att sätta sig själva i säkerhet, svårt att förflytta sig i trappor, svårt att upptäcka en brand tidigt och svårt att släcka en brand (MSB, 2010).



**Figur 1.1.** Frekvens för dödsbränder i Sverige fördelat på ålderskategorier. Siffrorna avser medelvärdet av år 2013 och 2014. Befolkningsdata från SCB (2015) och dödsbrandsdata från MSB (2015a).

## 1.2 Syfte och mål

Projektets syfte är att utvärdera personsäkerheten, det vill säga möjligheten till en säker utrymning, vid händelse av brand på Västralid. Målet är att, i de fall där det är nödvändigt, ge förslag på åtgärder som behövs för att säkerställa personsäkerheten för samtliga personer som vistas i byggnaderna.

## 1.3 Avgränsningar

Analysen tar endast hänsyn till personsäkerhet, skador på egendom och miljö beaktas inte. Analysen utförs för objektets nuvarande utformning och verksamhet. Framtida ändringar i byggnaderna och verksamheten kan medföra att slutsatser och resultat i denna rapport helt eller delvis inte längre är applicerbara.

## 1.4 Metod

För att utvärdera brandskyddet och möjligheten till utrymning görs en scenarioanalys. Arbetsgången presenteras i *Figur 1.2*. Nedan förklaras de olika stegen närmare.

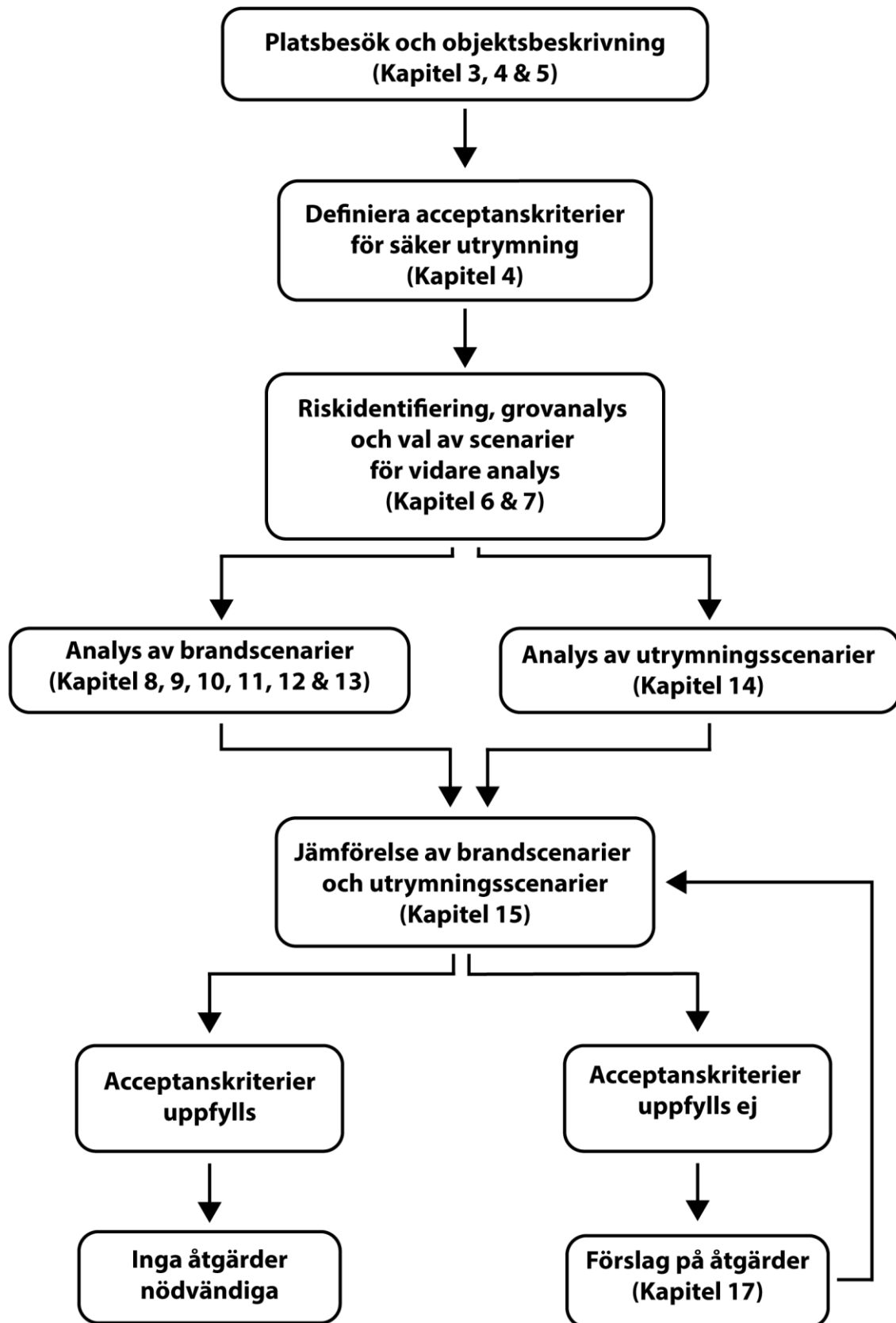
För att kunna utvärdera personsäkerheten tas en helhetsbild fram av objektet. I helhetsbilden beaktas byggnadernas utformning och verksamhet.

Därefter bestäms acceptanskriterier för vad de utrymmande individerna får utsättas för.

En riskidentifiering görs vilken ligger till grund för den grovanalys där en rad brandscenarier identifieras och värderas efter sannolikhet och konsekvens. Utifrån detta väljs de mest kritiska ut för vidare analys ur brand- och utrymningsperspektiv. Scenarierna som väljs är sådana att de utgör värsta troliga påfrestningar för brandskyddet.

Vidare utvärderas de valda brandscenarierna kvantitativt och jämförs med utrymnings-scenarierna som också utvärderas kvantitativt. För att bedöma huruvida en tillfredsställande utrymning är möjlig jämförs tiden till kritiska förhållanden med utrymningstiden.

I de fall där utrymning inte bedöms som tillfredsställande ges förslag på åtgärder för att uppnå en tillfredsställande brandsäkerhet. Efter åtgärder jämförs brandscenarierna igen mot utrymningsscenarierna för att säkerställa att en tillfredsställande personsäkerhet uppnås.



*Figur 1.2. Flödesschema, med kapitelhänvisningar, för arbetsgången som används i rapporten. Bild: Fabian Ardin.*





## 2 Vad säger lagen?

I detta kapitel redogörs för de lagar, förordningar och föreskrifter som är relevanta för objektet.

### 2.1 Boverkets byggregler

De grundläggande bestämmelser som gäller för all byggnation, inklusive brandskydd, kommer från plan- och bygglagen, PBL, och den tillhörande plan- och byggförordningen, PBF. För att förtydliga kraven på byggnader i PBL och PBF ger Boverket ut tillämpningsföreskrifter. Boverkets byggregler, BBR, (BFS 2014:3) är ett exempel på en sådan tillämpningsföreskrift. BBR uppdateras kontinuerligt och den nuvarande gällande versionen är BBR 21. Kapitel 5 i BBR behandlar de regler och allmänna råd som gäller en byggnads brandskydd.

BBR är i första hand inriktad på säkerhet för de personer som vistas i byggnaden, men kraven som ställs leder även till en viss brandskydds nivå för egendom. BBR kan endast ställa krav på byggnadens byggnadstekniska brandskydd och föreskriften är enbart applicerbar vid nybyggnation eller ändring av byggnad. Den del av byggnadens brandskydd som utgörs av personalens organisation, verksamhet och liknande berörs under annan lagstiftning, exempelvis Lagen (2003:778) om skydd mot olyckor, LSO.

### 2.2 Lag och förordning om skydd mot olyckor

LSO reglerar framför allt räddningstjänsten, men den reglerar även de krav som ställs på verksamheter och privatpersoner. Nedan presenteras enskildas och kommuners skyldigheter enligt lagen om skydd mot olyckor.

#### 2.2.1 Den enskildes ansvar

LSO stadgar att ägare eller nyttjanderättshavare av en byggnad i skälig omfattning ska hålla utrustning för släckning och livräddning vid brand eller annan olycka och i övrigt vidta åtgärder för att förebygga brand samt att hindra eller begränsa skador uppkomna vid brand (2 kap. 2 §).

I Förordningen (2003:779) om skydd mot olyckor, FSO stadgas att: ”... där det med hänsyn till risken för brand eller konsekvenserna av brand bör ställas särskilda krav på en kontroll av brandskyddet, skall i skriftlig form lämna en redogörelse för brandskyddet.” I Statens räddningsverks föreskrift (SRVFS 2003:10) förtydligas detta med att ”inrättningar för vård eller omsorg för fler än 3 personer som har hjälpbehov vid utrymning i händelse av brand” ska lämna en skriftlig redogörelse för brandskyddet i byggnaden. Inrättningens ägare skall skicka in redogörelsen till kommunen. Nyttjandehavaren av inrättningen skall ge ägaren de uppgifter som behövs för att ägaren ska kunna fullgöra sin skyldighet.

#### 2.2.2 Kommunens ansvar

En kommun ska vidta åtgärder för att förebygga bränder och olyckor i syfte att skydda människors liv och hälsa. Kommunen ska också, utan att inskränka andras ansvar, arbeta för att åstadkomma skydd mot andra olyckor än bränder (3 kap. 1 §).

En kommun ska genom rådgivning, information och på annat sätt underlätta för den enskilda att uppfylla sina skyldigheter enligt LSO (3 kap. 2 §).

## 2.3 Arbetsmiljöverkets föreskrifter

Arbetsplatsens utformning regleras av arbetsmiljölagen (Ursprungligen SFS 1977:1160) och arbetsmiljöförordningen (Ursprungligen SFS 1977:1166). Arbetsmiljöverket ger ut föreskrifter, AFS, som kompletterar dessa. Eftersom Västralid är en arbetsplats för bland annat vårdpersonalen omfattas byggnaderna av dessa lagar, förordningar och föreskrifter.

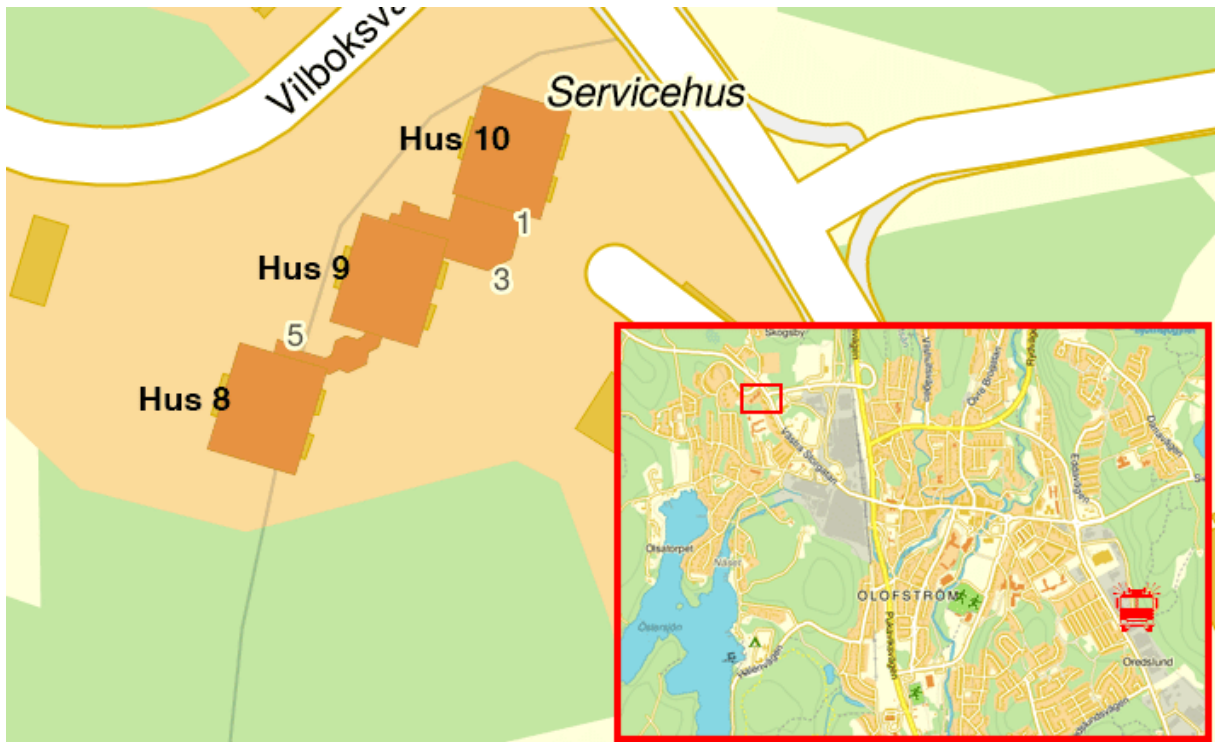
AFS 2008:13 om skyltning, markering och signaler stadgar i 2 § att en arbetsgivare är skyldig att se till att skyltar, märkning och signaler finns i lokaler där arbete utförs. Skyltning, märkning och signaler omfattar i denna mening exempelvis utrymningsskyltar, markeringar för bland annat brandsläckare och signal i form av utrymningslarm, antingen via signal eller ett talat meddelande. Märkning av brandredskap som exempelvis brandsläckare och skyltning för utrymning ska vara permanent. Tillfälliga signaler som utrymningslarm med eller utan ljussignal ska användas på hela arbetsplatsen, och kan användas samtidigt.

Skyltar, märkning och signaler ska placeras så att de inte stör varandra, exempelvis ska inte två olika ljudsignaler användas samtidigt och det ska inte sitta för många skyltar nära varandra att det påverkar synligheten.

AFS 2009:2 om arbetsplatsens utformning stadgar i 75 § att det ska finnas nödutgångar som är anpassade efter arbetsplatsens användning och det antal personer lokalen är avsedd för. Utrymningsvägarna ska hållas fria från hinder enligt 76 §. Dörrar till eller i en utrymningsväg får ej vara låsta eller reglade på ett sånt sätt att utrymning försvåras. Byggnaden ska enligt 79 § vara utrustad med utrymningsplaner i den omfattning det behövs och vara belägna på lämpliga platser. De ska också informera om hur räddningstjänsten larmas och visa var manuella larm-utlösningdon är placerade.

### 3 Objektsbeskrivning

Nedan följer en beskrivning av verksamheten och byggnaderna. Objektet är beläget på Vilboksvägen 1-5 i Olofström och utgörs av de i efterhand sammanbyggda husen märkta med Hus 8, Hus 9 och Hus 10.



*Figur 3.1. Översiktbild av Västralids läge i Olofström. Räddningstjänstens läge är också markerat. Bild: Fabian Ardin.*



*Figur 3.2. Västralid äldreboende. Till höger närmast i bild syns Hus 10, längre bak syns Hus 9 och längre bak till vänster syns Hus 8. Fotografi: Bjarne Husted.*

### 3.1 Beskrivning av byggnaderna

Äldreboendet är inhyst i tre huskroppar som i efterhand är sammanbyggda i markvåningen. Huskropparna kallas hädanefter för Hus 8, Hus 9 och Hus 10. Se *Figur 3.1* och *Figur 3.2*. Byggnaderna är uppförda på 1970-talet och brukades ursprungligen som bostäder. Under 1990-talet gjordes omfattande renoveringar av byggnaderna.

Byggnadernas bärande väggar och bjälklag är utförda i betong medan ytterväggarna har tegelfasader. Takkonstruktionerna är utförda i trä. Samtliga tre huskroppar har ursprungligen haft fyra våningsplan men det mittersta huset är påbyggt i efterhand med ytterligare ett våningsplan i träkonstruktion. Eftersom antalet våningsplan överstiger tre klassas byggnaden som en Br1-byggnad enligt BBR.

På markvåningen finns personalutrymmen, tvättstuga, sopförvaringsutrymme, storkök, lägenhetsförråd, samlingslokal och liknande. Lägenheter för boende finns på övriga våningsplan. På dessa våningsplan finns även gemensamma matplatser, kök samt dagrum i korridorerna. I stora drag är de tre huskropparnas utformning från och med plan 1 och uppåt identiska. Se *Figur 3.3*. En sammanfattning för vilka lokaler som finns i respektive huskropp finns i *Tabell 3.1*.

Varje huskropp betjänas av en hiss och en trappa. För att använda trapporna mellan våningsplanen måste korridoren på varje våningsplan passeras. Varje våningsplan är avskilt till trappan med en självstängande och brandklassad dörr. Dörrens placering är i botten av samtliga trappor.

*Tabell 3.1. Sammanställning av lokaltyper ordnade efter hus och våningsplan. Underlag: ritningar.*

	Hus 8	Hus 9	Hus 10
<b>Markvåning</b>	Lägenhetsförråd Soprum Samlingslokal Soprum Elcentral	Tvättstuga Personalutrymmen Elcentral och dyl. Soprum Storkök Stor matsal	Expedition Lägenhetsförråd Soprum
<b>Plan 1</b>	5 lägenheter	5 lägenheter*	5 lägenheter
<b>Plan 2</b>	5 lägenheter Tvättstuga	5 lägenheter*	5 lägenheter Tvättstuga
<b>Plan 3</b>	5 lägenheter Gemensamt kök och matplats	5 lägenheter*	5 lägenheter Gemensamt kök och matplats
<b>Plan 4</b>	<i>Finns ej</i>	4 lägenheter Fläktrum	<i>Finns ej</i>
<b>Vind</b>	Fläktrum	-	Fläktrum

\*Totala antalet lägenheter summerar till 49 men det finns 47 enligt information vid platsbesök. Vid platsbesöket observerades att gemensamt kök även fanns i Hus 9. Informationen i *Tabell 3.1* kan därför omöjligtvis vara helt korrekt.

Läsaren hänvisas till *Bilaga A* för utförliga ritningar över byggnaderna.



**Figur 3.3.** Exempel på planlösning på våningsplanen med lägenheter (t.v.). Fotografi av korridor (t.h.).  
Fotografi: Martin Thomasson.

### 3.2 Beskrivning av verksamheten

Västralids äldreboende inrymmer totalt 47 lägenheter för äldre. Den största delen av de boende bor ensamma i lägenheterna men det förekommer även parboende. Den stora merparten av hyresgästerna uppfyller kraven för behovsprövat särskilt boende enligt BBR21, vilket bland annat innefattar demens, funktionsnedsättning och nedsatt förmåga till utrymning på egen hand. Verksamhetens klassen enligt BBR är därför Vk5B.

Dagtid finns totalt sex anställda på plats för att hjälpa hyresgästerna med vardagliga sysslor, två i varje huskropp. På natten är bemanningen mindre och enbart en person finns i varje huskropp. Majoriteten av personalen är kvinnor i medelåldern. Under hela året förekommer vikarier men antalet är högst under sommaren. Under varje arbetspass arbetar alltid minst en ordinarie anställd.

Hyresgästerna har själva ansvar för nycklar till sina lägenheter men nycklar till samtliga lägenheter finns nere vid receptionen vid entrén. Vid entrén finns även en huvudnyckel tillgänglig för räddningstjänsten.

Mat levereras färdig till äldreboendet och storköket på markvåningen används inte längre. På våningsplanen för de boende finns dock gemensamma matplatser och ett mindre hushållskök som används för enklare matlagning, kaffekokning och dylikt.

Lägenheterna har en mindre kokvrå som inte är avsedd att användas för matlagning av de boende själva utan till exempel då anhöriga är på besök och liknande. Det händer dock att hyresgästerna sporadiskt använder köken, i det fall personalen anser att detta är en risk kopplas kökens strömförsörjning bort. Hyresgästerna tillåts att röka och att ha levande ljus i sina lägenheter. Möblemang i lägenheterna bestäms till stor del av hyresgästerna, men varje lägenhet har en sjukhussäng. Typ av madrass bestäms av de boende själva men merparten av hyresgästerna har utrymningsmadrasser.

Planen är att verksamheten på Västralid ska upphöra i slutet av 2016, men inga formella beslut för detta finns ännu.



## 4 Utrymning

Utrymningsmöjligheterna redogörs för i detta kapitel.

### 4.1 Hyresgästernas möjligheter till utrymning

Eftersom verksamheten är ett behovsprövat äldreboende kan hyresgästerna förväntas ha demens, olika typer av funktionsnedsättningar eller andra tillstånd som påverkar deras möjlighet att tolka signaler och anvisningar och förflytta sig på egen hand. I princip använder inga hyresgäster trapporna för att förflytta sig mellan våningsplanen i huskropparna utan det är hissen som används. Eftersom hissen ej får användas vid brand innebär detta att i stort sett samtliga hyresgäster behöver assistans vid utrymningen. Denna assistans förväntas i det inledande skedet av utrymningen komma från personalen, dagtid finns totalt sex anställda på plats och nattetid finns tre. Räddningstjänsten förväntas också bistå vid en utrymning. De väntas anlända tidigast tio minuter efter att brandlarmet utlöst eller att larm kommit till räddningstjänsten på annat sätt.

### 4.2 Utrymningsvägar

Tänkta utrymningsvägar finns markerade på ritningar i *Bilaga A*. Från korridorerna i de övre våningsplanen är utrymning ämnad att ske antingen via trappan som leder nedåt i mitten av respektive huskropp eller via en spiraltrappa som går längs respektive huskroppss kortsida, se *Figur 4.2*. Båda dessa lösningar är problematiska eftersom hyresgästernas möjligheter att röra sig i trappor kan förväntas vara kraftigt begränsade, även i de fall assistans finns tillgänglig. Det har efter flera år av utrymningsövningar konstaterats att det är närmast omöjligt att bära eller släpa ut en vårdtagare via en spiraltrappa (Karlshamns kommun, protokoll KS 2, 2012). Enligt Boverket (2006) bör spiraltrappor inte användas som utrymningsväg från lokaler där personer som har svårt att gå i trappor kan förväntas vistas.

Problematiken förvärras ytterligare eftersom ett avskilt trapphus i egen brandcell saknas. Detta innebär att en brand på någon våning riskerar att fylla korridoren på det aktuella våningsplanet med brandgaser och därmed eliminera möjligheten att ta sig upp eller ned via den inre trappan. Detta skulle också skära av våningsplanen ovan branden från markvåningen. Åtkomst till de övre våningsplanen är i så fall endast möjlig via de yttre spiraltrapporna. Att ta sig in till våningsplanen från spiraltrappan försvåras avsevärt eftersom dörrar och fönster inte går att öppna utifrån. I detta fall skulle all utrymning av huskroppen troligen behöva ske via balkonger eller fönster med räddningstjänstens hjälp.

Tillträde till spiraltrapporna inifrån sker via dörr på ett fåtal våningsplan eller via fönster på de flesta våningsplan. I flera fall observerades en mängd brännbara möbler och föremål i omedelbar anslutning till, eller direkt framför nödutgångarna, se *Figur 4.1*. För att kunna nå upp i fönsterhöjd med rullstol och andra förflyttningshjälpmedel finns en tillhörande aluminiumramp i anslutning till alla nödutgångar som kräver detta. Ett problem med detta är att rampen är placerad i det allmänna utrymmet vilket skulle kunna bli problematiskt eftersom en mängd föremål kan finnas i vägen som exempelvis soffor, bord och liknande. Vid platsbesöket noterades vissa svårigheter med att öppna nödutgångarna inifrån eftersom vreden var tröga.

Ytterligare en faktor som försvårar utrymningen är att grindar till vissa av trapporna är låsta med dels sprint och i vissa fall även kedja, se *Figur 4.4*. Problem kan också stötas på eftersom många dörrar blockerar varandra om de öppnas samtidigt. Vid besöket observerades även sopsortering i kundvagnar i minst en av korridorerna, se *Figur 4.3*. Soporna bestod av kartonger, plast och glas som riskerar försvåra utrymningen och utgör en brandrisk.



*Figur 4.1. Dagrum i korridor. I bakgrunden syns en blockerad nödutgång via fönster som leder till den utvändiga spiraltrappan. Notera också rampen som står lutad mot väggen bakom möblerna till vänster i bilden. Fotografi: Gustaf Berglund*





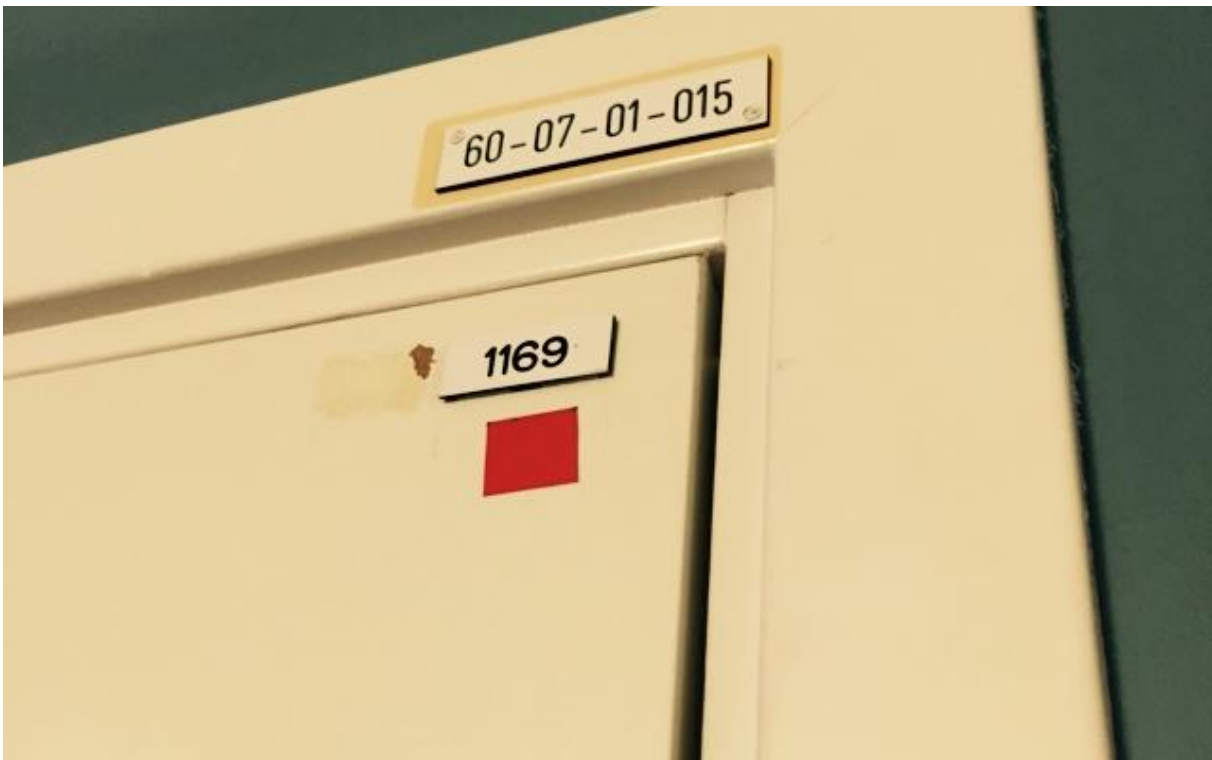
*Figur 4.2. En av spiraltrapporna sedd utifrån. Fotografi: Martin Thomasson.*



*Figur 4.3. Sopsortering observerades i en av korridorerna vid platsbesöket. Skyltningen på väggen indikerar att sopsorteringen i korridoren är permanent. Fotografi: Martin Thomasson.*



**Figur 4.4.** Kedjeregeln på grinden strider troligen mot bestämmelserna i AFS 2009:3. Fotografi: Martin Thomasson.



**Figur 4.5.** Dörrar till rum med utrymningsmadrasser är markerade med en röd kvadrat. Fotografi: Gustaf Berglund.

### **4.3 Utrymning med hjälp av räddningstjänst**

I byggnader med mer än ett plan används ibland balkonger eller fönster som alternativa utrymningsvägar. Detta kan till exempel vara om det inte finns två oberoende utrymningsvägar inomhus eller om den primära utrymningsvägen är avskuren av brand eller brandgaser. Vid utrymning från balkong eller fönster antas det att räddningstjänsten assisterar utrymningen med höjdfordon. Dock är utrymning via fönster med hjälp av räddningstjänstens höjdfordon endast tillåten för byggnader i verksamhetsklass 1 eller 3 (BFS 2013:12). Vid invändig utrymning från Västrålid finns en huvudnyckel tillgänglig för räddningstjänsten nedre vid entrén, eftersom vissa lägenhetsdörrar riskerar att vara låsta under nattetid.

Vid försök utförda av Räddningstjänsten Västra Blekinge 1999 i samarbete med Räddningsverket noterades det att det tog 30-40 minuter att evakuera 10 rörelsehindrade personer från en balkong på andra våningen i ett flervåningshus. Detta var under optimala förhållanden då alla utrymmande befann sig i anslutning till samma balkong, samt på ett lågt våningsplan. Tiden mättes från det att höjdfordonet var på plats och inledde insatsen, till dess att sista personen befann sig på marken. Att utrymma en rörelsehindrad genom ett fönster kan vara olämpligt och i många fall omöjligt. (Räddningsverket, 2001)

Vid en brand som kräver utrymning med höjdfordon på Västrålid antas de boende vara utspridda i sina lägenheter, alternativt på sina respektive balkonger och dessutom befinna sig på olika våningar. Detta leder sannolikt till att utrymningstiden blir längre än den blev vid försöken utförda av Räddningstjänsten Västra Blekinge 1999.

### **4.4 Assisterad utrymning med utrymningsmadrass**

Vid utrymning finns de i de flesta rum tillgång till utrymningsmadrasser, placerade i vårdtagarnas sängar. Lägenheterna med utrymningsmadrass har en röd kvadratisk markering på ytterdörren, se *Figur 4.5*. Utrymningsmadrasserna har tillhörande spännband och handtag som gör att de kan användas för att släpa ut en boende i händelse av brand. Den boende spänns fast och kan sedan, i teorin, dras av en person, ned från sängen och ut ur byggnaden.

För två vårdgivare visade det sig enligt experiment vara jobbigt och tidskrävande att släpa en vårdtagare på madrass ner för en trappa, se *Figur 14.1*. Vid eventuell utrymning från Västrålid behövs det två vårdare per boende, vilket leder till att utrymning av en hel huskropp kan ta lång tid.

## 4.5 Acceptanskriterier för säker utrymning

Det finns vissa rekommenderade påfrestningar som människor får utsättas för vid utrymning vid brand. Boverket ger ut föreskrifter (BFS 2013:12) som används vid analytisk dimensionering, BBRAD 3, och i den rekommenderas riktvärden enligt *Tabell 4.1*. För att uppfylla godtagbar nivå bör kriterium 1 eller 2 samt kriterium 3-5 uppfyllas. Detta leder till att utrymning genom brandgaser ibland kan vara acceptabelt. Sikten beräknas mot vägledande markeringar, väggar eller motsvarande.

Eftersom de boende på Västrålid är äldre personer kan dessa förväntas vara känsliga för påfrestningar varför högre acceptanskriterier än vad som anges i BBRAD inte anses lämpliga. Dessutom anses en assisterad utrymning vara påfrestande för vårdgivarna vilket också motiverar att högre acceptanskriterier inte är lämpliga.

I *Tabell 4.1* anges de kriterier som används som utrymningskriterier i rapporten.

**Tabell 4.1.** Acceptanskriterier för säker utrymning som används för vidare analys i rapporten. Efter (BFS 2013:12).

<b>Brandgaslagrets höjd</b>	Brandgaslagrets höjd över golvet ska ej understiga en höjd på $1,6 + H_{\text{Takhöjd}} \cdot 0,1$ . Vid en lägre höjd begränsas människors siktmöjligheter vilket påverkar utrymningsmöjligheterna negativt.
<b>Siktbarhet</b>	Siktbarheten 2 meter ovan golv får ej understiga 10 meter i utrymmen större än 100 m <sup>2</sup> . I utrymmen mindre än 100 m <sup>2</sup> , eller där köbildning kan bildas, får sikten minimalt vara 5 meter.
<b>Temperatur</b>	Temperaturen ska ej överstiga 80 °C. Vid en högre temperatur påverkas människors fysiska förmåga negativt.
<b>Värmestrålning</b>	Strålningsintensiteten ska ej överstiga 2,5 kW/m <sup>2</sup> , eller en kortvarig strålningsexponering på 10 kW/m <sup>2</sup> . Strålningsdosen får emellertid ej överstiga 60 kJ/m <sup>2</sup> .
<b>Toxicitet</b>	Människor ska vid utrymning ej utsättas för farliga koncentrationer toxiska gaser. Det är främst CO, CO <sub>2</sub> och O <sub>2</sub> som tas i beaktning vid brand. CO får ej överstiga 2000 ppm, CO <sub>2</sub> får ej överstiga 5 %, och O <sub>2</sub> får ej understiga 15 %.

## 5 Befintligt brandskydd

I detta kapitel beskrivs det befintliga brandskyddet på Västrålid.

### 5.1 Utrymning

Förutsättningar för utrymning beskrevs i detalj i *Kapitel 4*.

### 5.2 Brandcellsindelning

Byggnaderna är indelade i olika brandceller, detaljerad redovisning av brandcellsindelning finns i *Bilaga A*. Lägenheterna på våningsplanen har brandavskiljande väggar utförda i betong och brandklassade dörrar med brandklass B 30, vilket med nutida mått motsvaras av EI 30. Lägenhetsdörrar är inte försedda med dörrstängare vilket gör att lägenhetsdörrarna riskerar att stå öppna och på så sätt ge brand och brandgaser möjlighet att spridas ut till resten av våningsplanet. Vid platsbesök observerades både stängda och öppna lägenhetsdörrar.

Dörrarna till trapporna mellan våningsplanen är självstängande och brandklassade. Bjälklagen mellan våningsplanen är utförda i betong, vilket är en brandavskiljande konstruktion. Ventilationskanaler och hisschakt bryter dock igenom bjälklagen utan att vara brandavskiljande.

För vidare diskussion om problematiken med hisschakten hänvisas läsaren till *Kapitel 10* och för ventilationssystemet hänvisas läsaren till *Kapitel 11*.

Totalt tre branddörrar med magnetuppställning finns på markplan för att förhindra brand- och brandgasspridning mellan huskropparna. Samtliga dörrar funktionstestades vid platsbesöket. Dörren i Hus 10 och dörren i landgången mellan Hus 9 och Hus 10 fungerade utan anmärkning. Dörren mellan Hus 8 och Hus 9 stängde dock mycket långsamt och slöt ej helt tätt. Vid platsbesöket uppgavs att dörrarna funktionstestas av vaktmästare var tredje månad.

### 5.3 Detektionssystem

Varje enskild lägenhet har en rökdetektor kopplad till utrymningslarmet. Det finns även två rökdetektorer i varje korridor. Vissa övriga utrymnen som tvättstuga och förråd saknar rökdetektorer. Detaljerad placering av detektorer redovisas i *Bilaga A*. I anläggningen finns en brandlarmcentral, vilken är belägen i huvudentrén mellan Hus 9 och Hus 10. Det är okänt om/vilket regelverk som använts för att dimensionera detektionssystemet.

Brandlarmanläggningen består av ett adresserbart system för att underlätta för personal och räddningstjänst att upptäcka var den utlösta detektorn befinner sig. Ett adresserbart system fungerar genom att det visar vilken detektor som har aktiverat på en display i brandlarmscentralen. I systemet ingår även larmlagring, vid brandlarm har personalen en minut på sig att ta sig ner till brandlarmcentralen för att kvittera larmet. Efter kvittering har de nio minuter på sig att läsa av vilken detektor som har utlöst, gå dit och undersöka, och vid brand antingen kvittera larmet igen och släcka själva, alternativt larma räddningstjänsten. Om någon av kvitteringarna ej genomförs larmas SOS automatiskt. Vid branddetektion från två detektorer larmas räddningstjänsten automatiskt, varpå larmlagringen då inte fyller någon funktion.

## 5.4 Utrymningslarm

Vid detektion av brand från en eller flera detektorer utlöses utrymningslarmet. På bottenvåningen är utrymningslarmet ett talat meddelande, medan det på övriga våningsplan består av ett akustiskt larmdon (ringklocka). I hissen finns inget utrymningslarm, men enligt personalen bör det höras från korridorerna även när hissen är mellan två våningar. Hissen saknar styrning vid brand utan fungerar som vanligt.

I korridorerna på samtliga våningsplan finns larmknappar som möjliggör för både vårdgivare och vårdtagare att larma räddningstjänsten i händelse av brand.



*Figur 5.1. Skumsläckare i korridor och exempel på skyltning. Fotografi: Gustaf Berglund.*

## 5.5 Släckutrustning

Handbrandsläckare med skum som släckmedel finns i varje korridor, se *Figur 5.1*. I ventilationsrummen på vinden har brandsläckarna pulver som släckmedel, och i utrymmen med elektronik eller elskåp har brandsläckarna koldioxid som släckmedel. Med jämna mellanrum kommer ett externt företag och kontrollerar släckutrustningens skick.

Annan typ av släckutrustning såsom brandfilter observerades inte vid platsbesöket.

## 5.6 Skyltning

Utrymningsskyltar finns utplacerade vid varje nödutgång samt i korridorer för att visa vägen till utrymningsväg. Både genomlysta och belysta skyltar finns i byggnaderna, och fungerar enligt personal även vid strömavbrott i resten av byggnaden. Skyltarna sitter främst i takhöjd vilket anses vara en bra placering, helt i enighet med AFS 2008:13.

Skyltar till brandsläckare finns utsatta i samtliga fall som visar var släckarna befinner sig även om brandsläckaren är på andra sidan korridoren. Skyltning om att brandsläckare finns på andra

sidan dörren visade sig stämma i samtliga observerade fall, också detta i enighet med AFS 2008:13.

Skyltning av larmknappar finns i korridorerna på varje våningsplan i anslutning till larmknapparna. Detta är i enighet med AFS 2008:13.

## **5.7 Ventilationssystemet vid brand**

Ventilationssystemet saknar styrning vid brand och skydd mot brandgasspridning. Detta är en uppenbar risk ur brandgasspridningsperspektiv. Detta avhandlas utförligt i *Kapitel 12*.

## **5.8 Hisschakten**

Hisschakten på Västralid utgör inte egna brandceller och saknar särskild utformning för skydd mot brand- och brandgasspridning. Detta är en uppenbar risk ur brandgasspridningsperspektiv. Detta avhandlas i *Kapitel 11*.

## **5.9 Flamskyddsmedel**

Alla boende har identiska sjukhussängar. Däremot är det frivilligt för vårdtagarna vilken sorts madrass de vill ha i sängen, vilket medför att det inte finns någon garanti för flamskyddade sängar. Hyresgästerna får bestämma övrigt möblemang själva och variation i lägenheterna kan förväntas vara stor. Möblemanget i korridorerna är ej behandlande med flamskyddsmedel.

## **5.10 Systematiskt brandskyddsarbete**

Det systematiska brandskyddsarbetet, SBA, finns i en pärm tillhörande anläggningens brandombud.

Det systematiska brandskyddsarbetet bedrivs kontinuerligt med övningar med varierande tidsintervall. Till exempel sker övning med släckare vart fjärde år, brandövning en gång i kvartalet då räddningstjänst aktiverar utrymningslarm samt utrymning med ramp och tillhörande föremål en gång per år. Utbildning inom SBA sker också när ny personal anställs.

Kunskap om brandskyddet riskerar att vara sämre på sommaren eftersom vikarierande personal arbetar, bedömer både personalen och räddningstjänsten. Det är aldrig enbart sommarvikarier på Västralid, utan det finns alltid en ordinarie anställd på plats även under sommartid. Den ordinarie personalen väntas ha god kunskap och lokalkännedom.

## **5.11 Räddningstjänst**

Västralids gruppboende ligger i Olofströms kommun där det finns en deltidsstation. Olofströms räddningstjänst innefattas i Västra Blekinges Räddningstjänstförbund med bland annat en heltidsstation i Karlshamn och deltidsstationer i Olofström och Sölvesborg.

Eftersom det endast finns en deltidsstation i Olofström blir insatstiden lite längre än om det hade funnits en heltidsstyrka på plats, men insatstiden beräknas enligt räddningstjänsten understiga 10 minuter från larm till ankomst till Västralid.

Vid larm åker räddningstjänsten med en styrka på fem man, alltid med en släckbil och en bil med teleskophävarer. Hävaren är i det här fallet viktig, eftersom byggnadens utformning gör att en fönsterutrymning inte är helt osannolik.





## 6 Riskidentifiering

För att skatta sannolikheter för olika brandscenarier i grovanalysen (*Kapitel 7*) tas relevant statistik fram för bränder i åldringsvården, både nationell och specifik för Västralid. För att skatta konsekvenserna för de olika brandscenarierna i grovanalysen (*Kapitel 7*) görs en kvalitativ riskidentifiering som utgår från en jämförelse med nuvarande bygglagstiftning, observationer som gjordes vid platsbesöket och kvalitativa resonemang.

### 6.1 Vad säger statistiken?

I detta avsnitt finns statistik om inträffade bränder inom åldringsvården. Dels redovisas nationell statistik såväl som statistik från Västralid och från räddningstjänsten.

#### 6.1.1 Nationell statistik

MSB för utförlig statistik från räddningstjänstens insatsrapporter. Under åren 1998-2013 gjorde räddningstjänsterna i Sverige totalt 4262 räddningsinsatser mot bränder i byggnader med äldrevårdsverksamhet. Startutrymme för bränderna redovisas i *Tabell 6.1*. Eftersom startutrymmena kategoriserades i ett stort antal har viss gruppering gjorts för att göra materialet mer lättöverskådligt. Till exempel har hall, sovrum, badrum med flera ordnats in under ”Boyta”. I *Tabell 6.2* redovisas brandspridning från olika startutrymmen.

*Tabell 6.1. Startutrymme för bränder i äldrevård. Källa: MSB (2015b).*

Startutrymme	Antal	Procent [%]
Balkong	36	0.8
Boyta (exkl. kök)	1000	23.1
Utrymmen som ej förekommer	96	2.2
Förråd/Lager	27	0.6
Korridor/trapphus	109	2.5
Kök	2322	53.6
Okänt/Annat/Utomhus	258	6.0
Personalutrymme/kontor	89	2.1
Samlingslokal	87	2.0
Soprum	69	1.6
Teknikutrymme	66	1.5
Tvättstuga	162	3.7
Vind	13	0.3
<b>Totalt</b>	<b>4334</b>	<b>100</b>

*Tabell 6.2. Brandens omfattning vid räddningstjänstens ankomst för bränder i äldrevård. Urval av startutrymmen. Källa: MSB (2015b).*

Startutrymme	Brand i startföremål [%]	Brand i hela startutrymmet [%]
Kök	89,3	8,0
Tvättstuga	83,9	11,7
Korridor	88,1	8,5
Samlingslokal	90,8	6,9

## 6.1.2 Statistik från Västralid

Samtliga händelser av brand, prov av larm och liknande dokumenteras i en loggbok vid Västralid. Under en femårsperiod mellan åren 2009 och 2014 finns 40 stycken poster i loggboken. 20 stycken av dessa utgjordes av larmlagring som personalen själv hanterat och resterande 20 av larm där räddningstjänsten har larmats.

39 stycken av larmen var larm från bostadslägenheterna och ett av larmen var från gemensamt kök. Larmorsak är dåligt dokumenterat men fem stycken var från rökning och två från matlagning.

Automatlarm och brandlarm dokumenteras också av Räddningstjänsten Västra Blekinge i en insatsrapport. I *Tabell 6.3.* visas larmhistorik från räddningstjänsten. Larmhistoriken är från åren 2002-2014. 20 poster finns registrerade, av dessa var 14 automatiska brandlarm från detektionssystemet och resterande sex var manuella brandlarm till räddningstjänsten. Notera att antalet poster i larmhistoriken från räddningstjänsten ej överensstämmer med larmhistoriken från Västralid.

**Tabell 6.3.** Larmhistorik för inkomna larm från Västralid till räddningstjänsten.

Källa: Räddningstjänsten Västra Blekinge.

Larmtyp	Beskrivning av händelse
Automatlarm	Rök från matlagning.
Automatlarm	Okänd orsak.
Automatlarm	Vattenånga i köket.
Automatlarm	Motbud. Matlagning.
Automatlarm	Matlagning.
Automatlarm	Mat har glömts på spisen. Räddningstjänsten får vädra.
Automatlarm	Åska.
Automatlarm	Bränd lingonkaka.
Automatlarm	Matlagning. Rök nådde detektor i korridoren.
Automatlarm	Okänd orsak.
Automatlarm	Okänd orsak.
Automatlarm	Rökning.
Automatlarm	Multicomfel.
Automatlarm	Okänd orsak.
Brandlarm	Brand i papperskorg som släcks av personalen.
Brandlarm	Brand i sophink som släcks av personalen. Troligen ett askfat som tömts.
Brandlarm	Brand i papperskorg. Personal slänger ut papperskorgen på balkongen. Troligen pga. att fimp slängts i papperskorgen.
Brandlarm	Rökfylld lägenhet. Äldre dam startat ugnen.
Brandlarm	Brand i papperskorg. Personal släcker branden. Rökare har slängt fimp i papperskorg som började brinna.
Brandlarm	Kraftig rökutveckling. Matlagning.

## 6.2 Jämförelse av byggnaden mot nuvarande bygglagstiftning

I detta avsnitt görs en jämförelse av byggnaden mot nuvarande bygglagstiftning (BFS 2014:3) för att underlätta identifikation av brister i det byggnadstekniska brandskyddet, se *Tabell 6.4*.

Verksamhetsklassen är 5B eftersom den utgörs av behovsprövat boende för personer med demens, funktionsnedsättning och med nedsatt förmåga till att utrymma på egen hand. Byggnaden har tre eller fler våningsplan och detta gör att den klassas som en Br1- byggnad.

*Tabell 6.4. Jämförelse av byggnaden mot urval av rådande bygglagstiftning i BBR21 (BFS 2014:3).*

Föreskrifts-nummer i BBR	Krav vid nybyggnation	Krav uppfylls	Kommentar
5:31	Byggnaden ska utformas så att det ges tillfredsställande möjlighet till utrymning vid brand.	Nej	Byggnaden är utformad med utrymningsvägar i form av branta spiraltrappor, vilket inte gynnar äldre dementa personer med nedsatt förflyttningsförmåga. Tillgång till alternativ utrymningsväg är starkt begränsad.
5:321	Utrymmen där personer vistas mer än tillfälligt ska utformas med tillgång till minst två av varandra oberoende utrymningsvägar.	Ja	Från bostadslägenheter finns två av varandra oberoende utrymningsvägar genom lägenhetsfönster och ut genom dörr till utanförliggande korridor som utgör en annan brandcell. Lägenhetskorridorer innehar två av varandra oberoende utrymningsvägar ut genom fönster eller dörr i korridoren till spiraltrappa, samt nedför trappa till underliggande våningsplan som utgör annan brandcell.
5:356	Utrymmen i verksamhetsklass 5B ska förses med anordningar för tidig upptäckt och varning i händelse av brand.	Ja	Samtliga utrymmen i byggnaden innehåller rökdetektorer med undantag för förråd, soprum och tvättstugor.
5:356	Utrymningsvägarna från utrymmen i verksamhetsklass 5B ska vara försedda med nödbelysning.	Nej	Nödbelysning finns inte i byggnaden.

<b>5:546</b>	Brand- och brandgasspridning ska begränsas mellan bostadslägenheter med avskiljande konstruktion.	Nej	Bostadslägenheter är utförda som egna brandceller i brandklass EI30. Ventilationssystemet förhindrar dock inte brand- och brandgasspridning.
<b>5:546</b>	Utrymmen i verksamhetsklass 5B ska förses med automatiskt släcksystem.	Nej	Samtliga lokaler saknar automatiskt släcksystem.
<b>5:549</b>	Hisschakt ska utformas så att skydd mot brand- och brandgasspridning mellan brandceller upprätthålls.	Nej	Hisschakt är ej avskilt som egen brandcell, detta krävs då hiss betjänar flera brandceller.
<b>5:71</b>	Byggnader ska utformas så att räddningsinsatser är möjliga att utföra med tillfredsställande säkerhet.	Ja	Inga risker utöver de vanliga kan ses för räddningstjänsten vid insats.
<b>5:72</b>	Byggnader ska vara åtkomliga för räddningsinsatser.	Ja	Räddningstjänsten har åtkomst till hela byggnaden både invändigt och utvändigt.

### 6.3 Identifierade riskfaktorer

Med utgångspunkt i objekts- och verksamhetsbeskrivningen och den statistik och övrigt som redogjorts för i detta kapitel listas här identifierade riskfaktorer som används till grund för grovanalysen i *Kapitel 7*.

- Byggnaderna är utförda i flera våningsplan och utrymningsvägarna utgörs av trappor vilka är mycket svåra eller omöjligt för hyresgästerna att röra sig i på egen hand.
- En stor del av hyresgästerna kan av olika skäl förväntas sakna möjlighet att på egen hand sätta sig i säkerhet och kräver assistans vid en utrymning.
- En stor mängd brännbara möbler och föremål finns i korridorerna. Detta är både en brandrisk och riskerar att försvåra en utrymning.
- Baserat på nationell statistik och tidigare brandlarm på Västrålid är de troligaste startutrymningarna för brand gemensamt kök och i bostadslägenheterna.
- Brandgasfyllnad av ett våningsplan med bostadslägenheter riskerar att skära av överliggande våningsplan från invändig åtkomst eftersom avskilt trapphus saknas.
- Hisschakt och hissdörrar saknar särskild utformning för att minska konsekvenserna av brand. Detta innebär att risk för brandgasspridning mellan våningsplanen riskerar att ske via hisschaktet.
- Ventilationssystemet saknar särskild utformning för att minska konsekvenserna av brand. Detta innebär att risk för brandgasspridning vertikalt mellan utrymningarna riskerar att ske via ventilationskanaler.

### 6.4 Antändningskällor

Eftersom vissa av vårdtagarna är rökare utgör cigaretter troliga brandstiftare. Levande ljus kan också agera brandstiftare om de välter på en gardin eller möbel. Vårdtagarnas kylar, frysar och spisar är inkopplade och kan vara orsak till brand vid exempelvis elfel.

Troliga brandorsaker är torrkökning till följd av glömska, eller lek med eld baserat på tidigare tillbud då vårdtagare har tänt eld på en bordsduk.



## 7 Grovanalys av möjliga brandscenarier

I detta kapitel följer en grovanalys av brandscenarier. Målet är att komma fram till de brandscenarier som ska utvärderas vidare och kvantifieras. I BFS (2013:12) anges det att i en scenarioanalys bör valet av scenarier utgå från en riskidentifiering och brandscenarier som utvärderas vidare bör vara de som utgör en trolig värsta påfrestning för byggnaden.

Genom grovanalys tas ett antal möjliga antändningskällor, startutrymmen och startföremål fram. Dessa används sedan för att ta fram ett antal möjliga brandscenarier för objektet. Utifrån redovisad statistik i *Kapitel 6* och kvalitativa resonemang ges varje enskild scenario en sannolikhet från mycket liten till mycket stor. Konsekvenserna rankas efter samma skala men denna ranking bygger på kvalitativa resonemang utifrån möjlighet till utrymning, risk för brand- och brandgasspridning, sannolikhet för tidig upptäckt av brand och möjlighet till släckning. De riskfaktorer som beaktas särskilt listades i *Avsnitt 6.3*. De brandscenarier som tas fram med utgångspunkt i grovanalysen redovisas nedan och värden för sannolikhet och konsekvens motiveras.

Konsekvenser och sannolikheter är bedömda relativt varandra och förutsatt att brand uppkommer. Värdena för sannolikhet kan tolkas som att om brand uppkommer; vad är sannolikheten att den uppkommer i specifikt utrymme? Värdena för konsekvens kan tolkas som att om brand uppkommer; vad är sannolikheten att konsekvensen blir stor ur utrymningsperspektiv?

### 7.1 Brand i lägenhet

Brand i lägenhet anses vara det i särklass troligaste brandscenariot, baserat både på tidigare tillbud på Västrålid och statistik från MSB. Eftersom lägenheterna har ett kök, som är det mest representerade startutrymme, och vanlig boyta som är det näst mest representerade startutrymme för brand, bedöms sannolikheten för brand i lägenhet vara mycket stor (5).

Konsekvenserna vid brand i en lägenhet kan väntas variera mycket beroende på om lägenhetsdörren är öppen eller stängd. Vid stängd dörr begränsas brand och brandgaser i stor mån till startlägenheten, åtminstone i ett tidigt skede men spridningsrisk via ventilationen föreligger dock. Om dörren står öppen flödar brandgaser ut i korridoren utanför, som fungerar som utrymningsväg. Den huvudsakliga utrymningsvägen blir således blockerad för våningen branden startade på samt ovanliggande våningsplan. Boende i lägenheterna har ingen möjlighet att utrymma på egen hand via trappor. Därför måste all utrymning av det aktuella våningsplanet och våningsplanen ovanför ske via spiraltrappor och fönster. Samtidigt riskerar hisschakten att sprida brandgaser inom hela huskroppen vilket begränsar den tillgängliga utrymningstiden för samtliga våningsplan. För ett sådant scenario kan det därför bli mycket svårt för personal och räddningstjänst att utrymma alla berörda boende inom rimlig tid. Den förväntade konsekvensen bedöms därför vara stor (4).

### 7.2 Brand i korridor

Sannolikheten att en brand utbryter i en korridor, och således i en utrymningsväg, anses vara måttlig. Enligt statistik från MSB uppstår endast 2,5 procent av bränderna i ålderdomshem i korridorer, men i regel är korridorer och utrymningsvägar fria från brännbart material. I

samtliga korridorer på Västralid finns soffgrupper, fåtöljer, bord eller liknande som de boende använder. I dessa utrymmen observerades också levande ljus, vilket bidrar till att sannolikheten bedöms vara måttlig (3).

Soffgrupperna i korridorerna består av stoppade möbler som bidrar till hög brandbelastning. Stoppade möbler riskerar också att leda till ett snabbt brandförlopp med kraftig effekt- och rökutveckling. Eftersom möblerna står i direkt anslutning till eller direkt framför nödutgångarna medför en brand här att denna nödutgång blir obrukbar för vårdtagare och vårdgivare vid utrymning. Vid brandgasfyllnad av en korridor blir också de ordinarie trapporna avskurna, eftersom det inte finns något fristående trapphus. Utrymning skulle därför försvåras avsevärt för våningsplanet och alla ovanliggande våningsplan, eftersom de boende är beroende av personalen för att kunna utrymma. Utrymning kan således förväntas ta lång tid eftersom all utrymning av den berörda huskroppen kommer att behöva ske via fönsterutrymning. Samtidigt riskerar hisschakten att sprida brandgaser inom hela huskroppen vilket begränsar den tillgängliga utrymningstiden för samtliga våningsplan. Konsekvensen bedöms därför vara mycket hög (5).

### **7.3 Brand i gemensamt kök/matplats**

Sannolikhet för uppkomst av brand i dessa utrymmen bedöms vara stor (4) baserat på statistik från MSB och tidigare tillbud.

Möjlighet till en tidig insats bedöms som god eftersom släckutrustning finns nära till hands och personal oftast är på plats. Detta gör att konsekvenserna av en eventuell brand sannolikt begränsas. Av samma anledning bedöms även sannolikhet för tidig upptäckt som god. I de fall branden får möjlighet att tillväxa riskerar dock konsekvenserna att bli omfattande eftersom att dörren till köken i flera fall saknar brandklassning och i det allra flesta fall står öppen. Det innebär att brandgaser snabbt kommer fylla korridoren utanför och därmed kraftigt försämra utrymningsmöjligheterna för aktuellt våningsplan och samtliga våningsplan ovanför. Samtidigt riskerar hisschakten att sprida brandgaser inom hela huskroppen vilket begränsar den tillgängliga utrymningstiden för samtliga våningsplan.

Enligt statistik från MSB sker i knappt 90 procent av fallen ingen brandspridning från startföremål till resten av utrymmet eller byggnaden, se *Tabell 6.2*, medan cirka åtta procent sprider sig till brandutrymmet. Eftersom det kan befinna sig boende med begränsade utrymningsmöjligheter i dessa utrymmen bedöms konsekvensen ändå vara måttlig (3).

### **7.4 Brand i stora matsalen**

Sannolikheten för brand i stora matsalen bedöms vara liten (2), baserat på statistik från MSB samt att det inte varit några tidigare tillbud och att lokalen enbart används sporadiskt. I stora matsalen sker inget användande av köksutrustning, men ljusstakar med levande ljus observerades. Ljusstakarna är placerade nära gardinerna vid fönstret vilket riskerar att bidra till ett snabbt brandförlopp.

I utrymmet finns hög brandbelastning i form av stoppade möbler, samt matbord och stolar, och det kan finnas mycket folk i lokalen. Vid användning av samlingslokalen är personal sannolikt närvarande, vilket leder till att möjligheterna att snabbt upptäcka och släcka en brand är goda.



Enligt statistik från MSB sker ingen brandspridning från startobjektet i mer än 90 procent av fallen, se *Tabell 6.2*. Utrymningsmöjligheterna är goda eftersom självständig utrymning för rullstolsburna är möjlig eftersom lokalen ligger i markplan. Konsekvensen bedöms vara måttlig (3) på grund av vissa spridningsrisker samt att personantalet i lokalen kan vara högt. Det föreligger ingen omedelbar risk för boende som uppehåller sig i de angränsande huskropparna vid brand i stora matsalen eftersom dörrar till angränsande huskroppar är utrustade med magnetstängare. Detta gäller givetvis endast under förutsättning att självstängningen av dörrarna fungerar.

## **7.5 Brand i soprum**

Dörrarna till soprummen är normalt sett stängda och varken boende eller personal uppehåller sig där. Sannolikheten för uppkomst av brand bedöms vara mycket liten (1), på grund av att det inte varit några tidigare tillbud och enligt statistik börjar endast 1,6 procent av bränder på äldreboenden i soprummen.

Soprummen utgörs av egna brandceller med dörrar som i normalfallet är stängda. Dörrarna vetter antingen ut i det fria eller till andra avgränsade utrymmen i byggnaderna, varpå brandgasspridning till korridorerna som inhyser trapporna och behövs som utrymningsväg inte är sannolik i ett tidigt skede. Dock ventileras soprummen via schaktet för sopnedkast, som går vertikalt genom byggnadernas samtliga våningsplan, med en frånluftsfläkt på vinden. Detta innebär att schaktet kommer att fungera i princip som en skorsten vid en brand i soprummet. Detta leder till att viss risk för brandgasspridning till de ovanliggande våningsplanen föreligger vilket riskerar att påverka utrymning från de ovanliggande våningsplanen. Soprummen saknar också rökdetektorer. Konsekvensen bedöms därför vara måttlig (3).

## **7.6 Brand i förråd**

Vanligtvis uppehåller sig varken personal eller boende i förrådsutrymmena och för bränder på äldreboenden utgjordes endast 0,6 procent av räddningstjänstens insatser av förrådsbränder. Sannolikheten bedöms därför vara mycket liten (1) för brand i förråd.

Förrådsutrymmena utgörs av stora ytor där de enskilda förråden endast är avskilda med galler. Brandbelastningen är hög och om brand uppkommer är risken stor att branden får möjlighet att tillväxa, särskilt eftersom möjlighet till snabb insats är mindre jämfört med till exempel en köksbrand. Branden kan väntas bli ventilationskontrollerad efter kort tid, varpå effektutvecklingen avtar, men produktionen av giftiga förbränningsprodukter kan istället antas öka. Möjlighet till tidig insats är särskilt begränsad eftersom rökdetektorer saknas i förråden. Förrådsutrymmena utgör dock egna brandceller, utförda i brandklass A 60. Dörrarna vetter ut mot utrymningsvägar, men de är utrustade med dörrstängare, varpå brandgasspridning till utrymningsvägar kan förväntas bli begränsad. Förrådet är endast ventilerat med frånluftsventilation och tilluften tas genom ventiler i ytterväggarna.

Brandens riskerar dock ta lång tid att upptäcka vilket innebär att funktionen från den brandavskiljande konstruktionen kan bli begränsad. På grund av att möjligheten till snabb insats är liten och det är hög brandbelastning bedöms konsekvensen vara måttlig (3).

## 7.7 Brand i ventilationsrum

Ventilationsrummen är stängda och låsta. Normalt uppehåller sig varken boende eller personal här. Dörren till ventilationsrummet är brandklassad i klass A 60 och brandbelastningen i rummet är mycket låg, i praktiken obefintlig. Både sannolikheten och konsekvensen bedöms därför vara mycket liten (1).

## 7.8 Brand på vind

Sannolikheten för brand på vind är mycket låg baserat på statistik från MSB och inga tidigare tillbud. Därför bedöms sannolikheten vara mycket liten (1) för detta brandscenario.

I Hus 8 och Hus 10 är bjälklaget mellan vinden och underliggande våning utfört i betong, vilket gör att vinden kan brinna utan att branden sprider sig ner till underliggande plan under det tidiga brandförloppet. Översta våningsplanet i Hus 9 är utfört i trä och bjälklaget mellan våningsplan och vind är också utfört i trä. Detta medför att det finns större risk för brandspridning mellan vind och lägenheter på översta planet i detta hus, alternativt från en lägenhet till en annan via vinden. Eftersom analysen framför allt avser det tidiga brandförloppet beaktas dock inte detta. Konsekvensen bedöms vara måttlig (3), men eventuellt kan siffran vara högre för vinden i Hus 9.

## 7.9 Brand på balkong

Sannolikheten för branduppkomst bedöms vara liten (2) eftersom den generella statistiken är låg. Balkonger bedöms dock vara trolig rökplats för personal och boende.

Konsekvensen bedöms vara måttlig (3) på grund av spridningsrisk från lägenheter med träfasad, vilket i praktiken enbart är lägenheterna på översta plan i Hus 9. Avsaknaden av rökdetektorer på balkongerna medför att en snabb detektion av brand försvåras, vilket påverkar insatstiden negativt. Konsekvensen blir eventuellt lägre i de balkonger som saknar träfasad såvida brandbelastningen på balkongen inte är alltför hög.

## 7.10 Brand i elcentral

Sannolikhet för brand i dessa utrymmen är mycket låg baserat på tidigare statistik av bränder i teknikutrymmen från MSB. Utrymmena är normalt låsta och ingen uppehåller sig där. Eftersom även tidigare tillbud saknas bedöms sannolikheten vara mycket liten (1).

Konsekvensen bedöms vara liten (2) baserat på att en brand kan leda till ett eventuellt strömavbrott vilket skulle släcka belysningen och påverka utrymningsmöjligheterna negativt, men sannolikheten för brandspridning anses ringa.

## 7.11 Brand i tvättstuga/torkrum

Baserat på statistik från MSB är detta utrymme tredje vanligaste startplatsen för brand i ålderdomshem, dock har tidigare tillbud inte förekommit på Västralid. Den procentuella andelen av bränder som sprider sig från startföremålet är stor jämfört med de vanligaste startutrymmena, se *Tabell 6.2*, vilket gör att sannolikheten bedöms vara måttlig (3).

Konsekvensen kan eventuellt bli hög i Hus 9, eftersom dörren till tvättstugan bedöms kunna stå öppen relativt ofta på grund av spring till tvättstugan, vilket kan leda till brandspridning till utanförliggande korridor. Dörr till tvättstugan i Hus 8 och Hus 10 sågs stå öppna vid

platsbesöket och därför bedöms förutsättningarna för brandgasspridning vara goda, vilket försvårar utrymningen väsentligt. Branden upptäcks förmodligen i ett senare skede eftersom inga rökdetektorer finns i tvättstugan och möjligheterna till släckning är troligtvis små eftersom personer inte vistas lika ofta i dessa utrymmen. Konsekvensen bedöms därför vara stor (4).

### **7.12 Brand i storkök**

Sannolikheten bedöms vara liten (2) eftersom att storköket inte längre är i drift. Å andra sidan är komponenterna inkopplade och inget hindrar från sporadisk användning eller att användning återupptas i framtiden.

Konsekvensen bedöms vara liten (2) eftersom köket inte används och varken boende eller personal vistas normalt i detta utrymme. Personalen har även stora släckmöjligheter och kan utrymma på egen hand. Dörrar till storköket vetter dock ut mot korridor och trapphall utanför, vilket gör att en eventuell brand kan spridas ut till dessa utrymmen och försvåra utrymningsmöjligheterna på markvåningen där detta utrymme är beläget.

### **7.13 Brand i hissmaskinrum**

Statistik för bränder i hissmaskinrum saknas från MSB och tidigare tillbud i detta utrymme har inte heller förekommit, vilket gör att sannolikheten för brand bedöms vara mycket liten (1).

Hissmaskinrummen är utrymmen dit boende och större delen av personalen inte har tillträde. Brandbelastningen är låg i utrymmet. Däremot föreligger spridningsrisk till hisschaktet och i sin tur vidare till våningsplanen eftersom hisschaktet ej är utfört i egen brandavskiljande konstruktion. Detta gör att konsekvensen bedöms vara liten (2).

## 7.14 Sammanfattning och val av scenarier för fortsatt analys

Nedan redovisas brandscenarierna från grovanalysen i en riskmatris. Motivering av värdena på sannolikhet och konsekvens finns tidigare i detta kapitel. Konsekvenser och sannolikheter är bedömda relativt varandra och förutsatt att brand uppkommer. Värdena för sannolikhet kan tolkas som att om brand uppkommer; vad är sannolikheten att den uppkommer i specifikt utrymme? Värdena för konsekvens kan tolkas som att om brand uppkommer; vad är sannolikheten att konsekvensen blir stor ur utrymningsperspektiv?

<b>Konsekvens</b>	<b>Mycket stor (5)</b>			<b>Korridor</b>		
	<b>Stor (4)</b>			<b>Tvättstuga</b>		<b>Lägenhet</b>
	<b>Måttlig (3)</b>	Vind, Soprum, Förråd	Stora matsalen, Balkong		Gemensamt kök/matplats	
	<b>Liten (2)</b>	Elcentral	Personalutrymme, Storkök			
	<b>Mycket liten (1)</b>	Ventilationsrum	Hissmaskinrum			
		<b>Mycket liten (1)</b>	<b>Liten (2)</b>	<b>Måttlig (3)</b>	<b>Stor (4)</b>	<b>Mycket stor (5)</b>
	<b>Sannolikhet</b>					

*Figur 7.1. Riskmatris för brandscenarier.*

Utifrån detta har de tre brandscenarier som bedöms vara mest kritiska valts ut, dessa är markerade i fetstil i *Figur 7.1*. Förutsättningarna för brand i lägenhet, brand i tvättstuga på de övre våningsplanen och brand i gemensamt kök är på grund av byggnadens utformning relativt lika. Lokalerna för tvättstuga och gemensamt kök har tidigare varit lägenheter och storlek och ventilationsförutsättningar är mycket lika. Det som skiljer dem åt är brandbelastning, möjlig tillväxthastighet, möjlighet till tidig upptäckt och utrymningsförutsättningar. Med underlag av detta väljs brand i lägenhet som brandscenario eftersom det täcker in både gemensamt kök och tvättstuga på de övre våningsplanen. Tvättstugan på markplan i Hus 9 skiljer sig till storlek och brandbelastning från de ovanliggande tvättstugorna, varför ett brandscenario för tvättstugan på markplan i Hus 9 väljs. Det finns heller ingen rökdetektor i tvättstugan på markplan. Även scenariot med brand i korridor utreds kvantitativt eftersom denna har stor betydelse för utrymningsmöjligheterna från varje våningsplan. En mer detaljerad redogörelse för brandscenarierna görs i *Kapitel 8*.

## 8 Brandscenarier och dimensionerande bränder

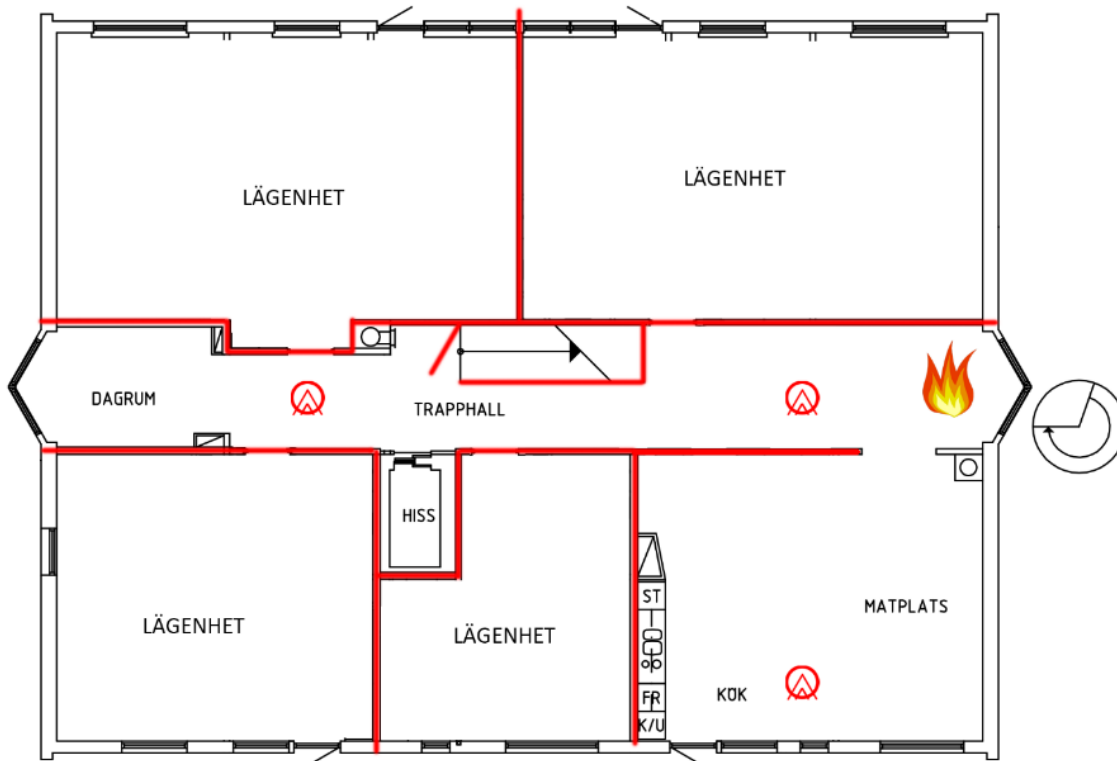
I detta kapitel redogörs utförligt för de brandscenarier som valts ut i grovanalysen och redovisas i *Figur 7.1*. Alla tabell- och ekvationshänvisningar finns i *Bilaga B*.

### 8.1 Brandscenario 1 – Brand i korridor

Korridorerna på Västralid utgör utrymningsvägar från lägenheter, kök och övriga lokaler på våningsplanen i huskropparna. Samtidigt används korridorerna som dagrum av de boende och vid platsbesöket observerades stora mängder möbler och föremål i korridorerna. Exempel på förekommande möblemang och föremål är stora soffor, fåtöljer, bord, stolar, tv-apparater, bokhyllor, gardiner, och övrig lös inredning. Dessa möbler och föremål står dessutom i flera fall omedelbart framför nödutgångarna till spiraltrapporna, vilket visas i *Figur 4.1*.

Om brand skulle uppkomma i dessa dagrum riskerar konsekvenserna att bli mycket stora. Dels riskerar utrymningsvägen till spiraltrappan för det aktuella våningsplanet att blockeras, men även korridoren kan snabbt förväntas bli fylld med brandgaser vilket även blockerar trappan inomhus och därmed skär av möjligheten att nå de övre våningsplanen via denna. Återstående utrymningsväg från de ovanliggande korridorerna utgörs då endast av de utvändiga spiraltrapporna. Påverkan på utrymningsmöjligheter blir därmed störst i detta scenario.

Branden placeras därför i dagrum i korridor i Hus 9 på våningsplan 1, eftersom detta bedöms vara värsta troliga scenario då Hus 9 innehåller flest våningsplan och en brand på våningsplan 1 riskerar därmed att påverka flest våningsplan och mest människor. Se *Figur 8.1* nedan.



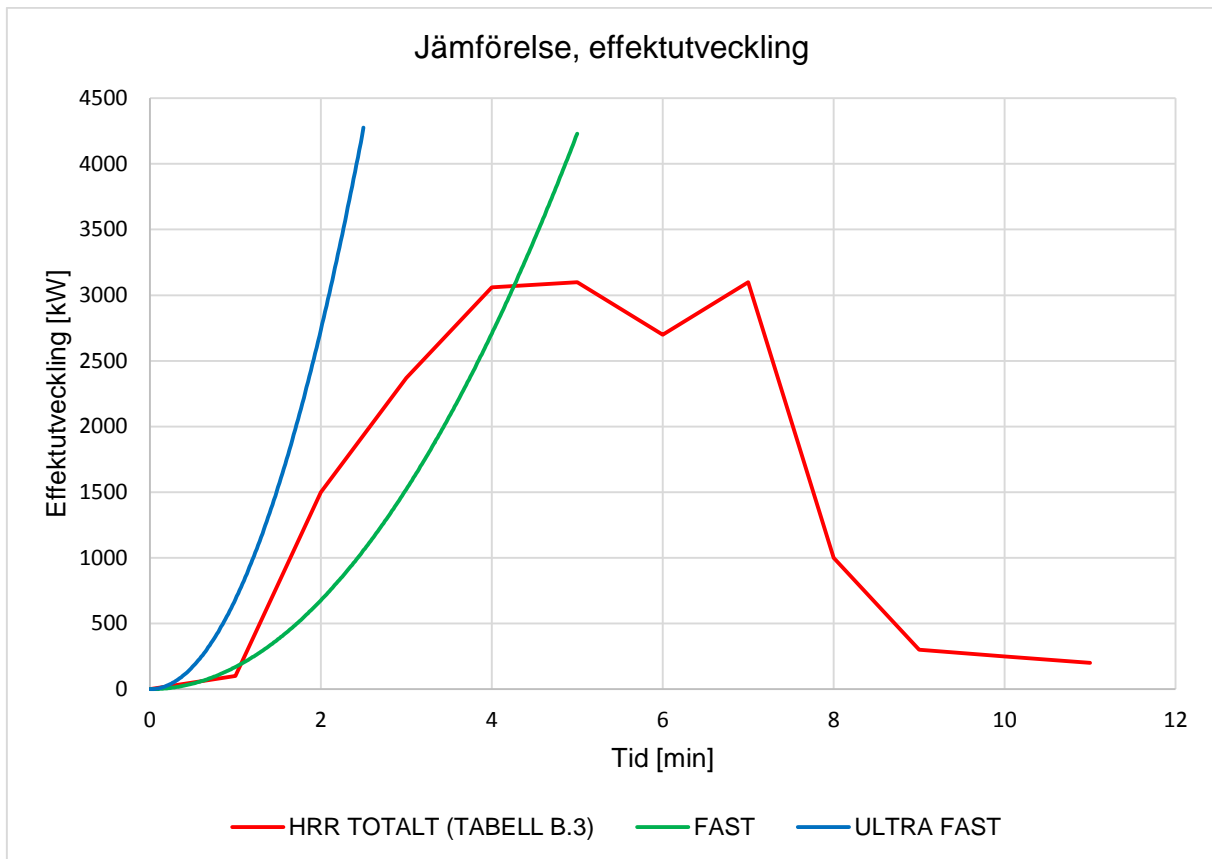
**Figur 8.1.** Placering av brand i korridor i Hus 9 på våningsplan 1. Samtliga lägenhetsdörrar antas vara stängda medan dörr till gemensamt kök är öppen. Bild: Fabian Ardin.

Eftersom utrymmet i korridoren är förhållandevis stort bedöms inte tillgången på syre bli en begränsande faktor för branden och därför uppskattas effektutvecklingen för en bränslekontrollerad brand i dagrummet i korridoren. Dessutom bedöms kritiska förhållanden uppnås relativt fort i brandens initiala skede, då befintlig brandbelastning är den begränsande faktorn. I *Tabell B.1* finns data sammanställd över brandbelastning från dagrummen i korridoren. Brandbelastning för dimensionerande brand utgörs av en soffa, en fåtölj och gardiner, vilket ger en brandbelastning på 930 MJ enligt *Tabell B.1*.

Branden kan förväntas ha en hög tillväxthastighet då utrymmet är litet och återstrålning från väggar och tak kommer att påverka brandförloppet och snabba på det väsentligt. I BFS 2013:12 rekommenderas en tillväxthastighet på "fast" för bostäder, hotell och vårdlokaler. Detta är troligen något för lågt för korridorerna på Västralid. Den höga brandbelastningen består övervägande av stoppade möbler och i kombination med återstrålning från väggar och tak medför det att tillväxten sannolikt blir högre. I syfte att utvärdera brandförloppets tillväxthastighet i dagrum i korridoren undersöks tillväxthastigheten för ett antal soffor, vilka förväntas stå för den största delen av brandbelastningen och utgöra trolig startpunkt för en brand. Möjlig antändningskälla kan utgöras av cigarett eller tändare eftersom rökning förekommer i dagrummen.

I *Tabell B.2* finns data för tillväxthastighet sammanställd för olika soffor, värdena gäller för så kallade free-burn-test där påverkan från exempelvis väggar ej inkluderats. Mot bakgrund av att tabellerade tillväxthastigheter, vilka kan anses vara representativa för soffor i vårdhem, överskrider tillväxthastigheten "fast" i alla fall förutom ett är förmodligen tillväxthastigheten för soffa i korridoren högre än "fast".

Utifrån befintliga effektkurvor från Särdaqvist (1993) för de enskilda möblerna sammanvägs en total effektkurva för branden. Effektkurvan uppskattas genom att addera effektutvecklingen från de olika möblerna vid samma tidpunkt och därmed få ut totala effektutvecklingen för den tidpunkten. Se *Tabell B.3* för beräknade värden från Excel som ligger till grund för denna framtagna kurva. Effekten från strålningen från soffa till gardiner och fåtölj beräknas genom *Ekvation B.1* där strålning beräknas från punkt i mitten på flamma till punkt på fåtölj och soffa. Tidpunkten för antändning för de olika möblerna beräknas med hjälp av *Ekvation B.2*. Brandens totala effektutveckling över tid visas som röd kurva i *Figur 8.2* nedan.



**Figur 8.2.** Effektutveckling (HRR Totalt) för brand i dagrum i korridor. Observera jämförelsen av olika tillväxthastigheter.

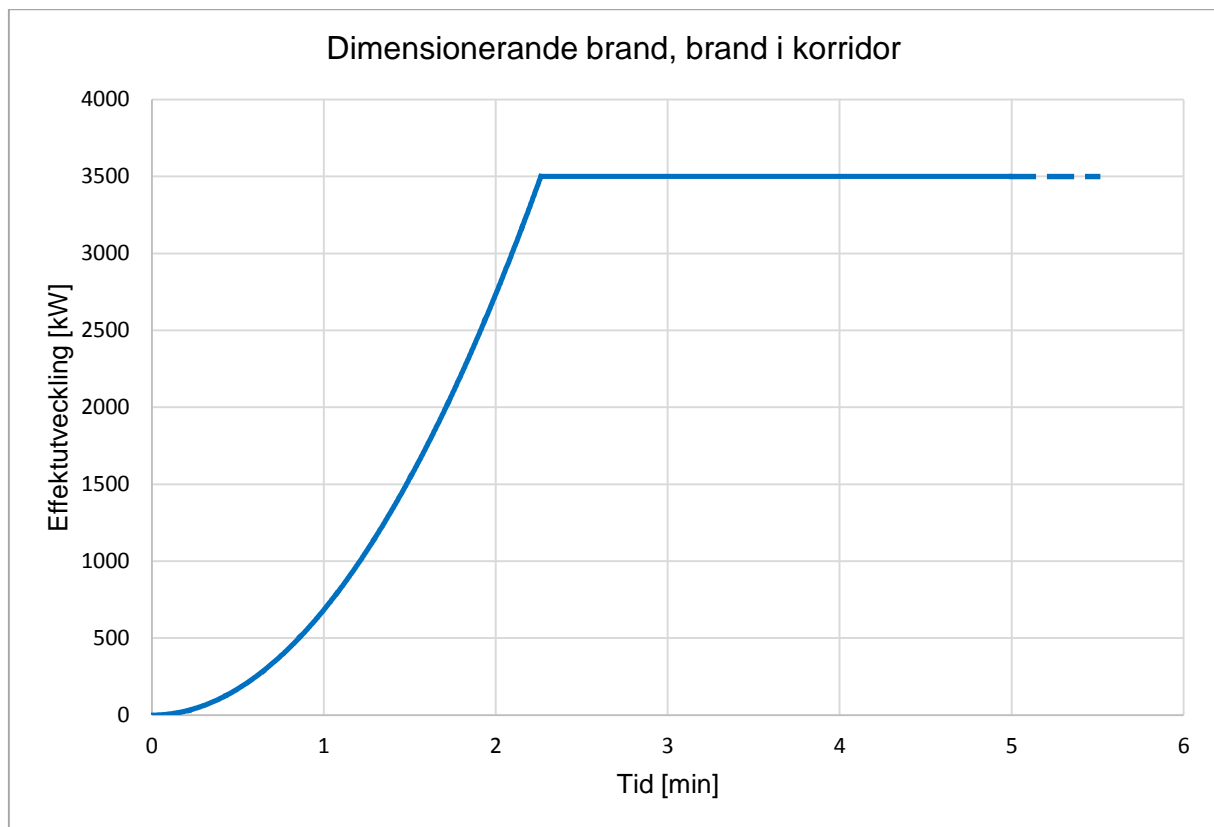
Enligt *Figur 8.3* blir brandens tillväxthastighet högre än tillväxthastighet ”fast” (grön linje) men lägre än tillväxthastighet ”ultrafast” (blå linje). Dock tar denna effektutveckling inte hänsyn till dagrummets geometri och total befintlig brandbelastning, vilket gör att tillväxthastigheten i verkligheten förmodligen är högre än ”fast”. Baserat på att brandbelastningen dessutom utgörs av stoppade möbler i nära anslutning till soffan, gardiner som orsakar snabb brandspridning och att utrymmet har två hörn anses brandtillväxten bli ”ultrafast”, eftersom branden är inkapslad och får en hög återstrålning från tak och hörn. Dimensionerande brand för detta scenario har därför tilldelats en tillväxthastighet på  $0,19 \text{ kW/s}^2$ , vilket motsvarar ”ultrafast”.

Effektkurva för dimensionerande brand i detta scenario ses i *Figur 8.3* nedan. Maximal effekt för dimensionerande brand uppskattas till 3500 kW baserat på effektutvecklingen i *Figur 8.3*. Denna maxeffekt kan dock överskridas om brandbelastningen är större än det möblemang som beaktas, samt om branden blir ventilationskontrollerad, men eftersom kritiska förhållanden bedöms ske innan branden blir ventilationskontrollerad beaktas inte större effekt för branden.

Effektutvecklingskurvan i *Figur 8.3* integreras för att få fram starttiden för brandens avsvälning, vilken är tiden då cirka 80 procent av bränslet har konsumerats av branden (Staffansson, 2010). Integration sker enligt *Ekvation B.3* där brandbelastningen  $E$  beräknas efter tiden  $t$ .

Starttiden för brandens avsvälningssfas är cirka fem och en halv minut efter att branden nått en konstant effekt och vid denna tidpunkt börjar därmed effektutvecklingen avta. Denna del av

brandens förlopp beaktas dock inte eftersom tidpunkten för kritiska förhållanden bedöms uppnås långt innan branden börjar avta.



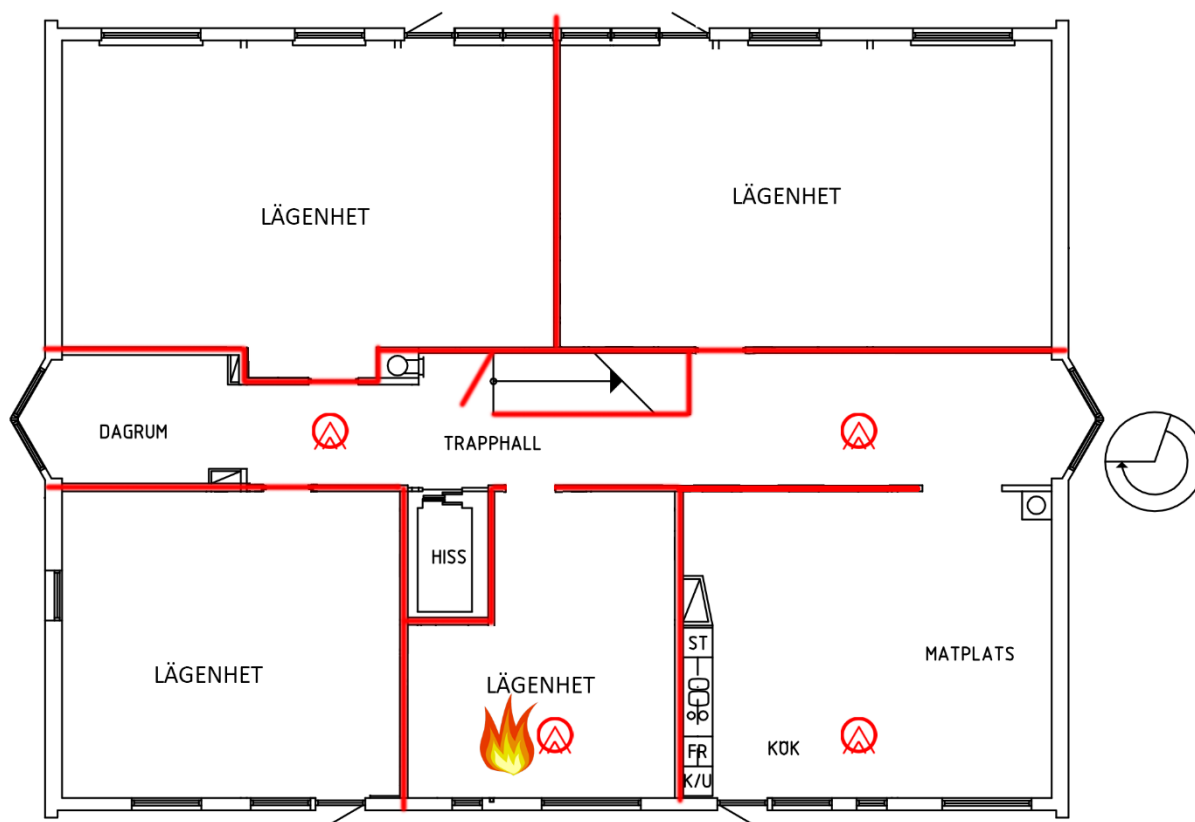
**Figur 8.3.** Effektutvecklingskurva för dimensionerande brand i dagrum i korridor.

Dimensionerande brand används för vidare beräkningar av tid till kritiska förhållanden i FDS.



## 8.2 Brandscenario 2 – Brand i lägenhet

Som brand i lägenhet väljs en mindre lägenhet på 27 m<sup>2</sup> på plan ett i Hus 9. Se brandens placering i *Figur 8.4*. Denna lägenhet väljs eftersom de mindre lägenheterna bedöms ha ett allvarligare tidigt brandförlopp än de större. En mindre lägenhet är förmodligen mer tätt möblerad, vilket bidrar till en snabbare brandspridning. Den mindre geometrin bidrar också till ökad återstrålning från väggar och tak vilket skyndar på brandförloppet. Att en mindre lägenhet har mindre volym än en större kommer initialt att ge en större tryckökning i lägenheten vilket ger mer spridning via ventilationssystemet. En mindre lägenhet har mindre volym än en stor vilket medför att korridoren utanför kommer att rökfyllas snabbare. Eftersom alla lägenheter har lika stor ytterdörr mot korridoren blir dessutom brandgasspridning till korridoren snabbare från en liten lägenhet än en stor.



*Figur 8.4. Placering av brand i mindre lägenhet i Hus 9 på våningsplan 1. Bild: Fabian Ardin.*

Tid till kritiska förhållanden i korridoren utanför kan förväntas uppnås mycket snabbt ifall lägenhetsdörren står öppen. Eftersom det intressanta i detta fall är utrymningssäkerheten är det därför det tidiga brandförloppet som är av intresse. Med anledning av detta antas att fönster till lägenheten är stängda och intakta.

I det tidiga brandförloppet kommer luft att pressas ut i korridoren av brandflödet. Efter en tid kommer ett neutralplan att etablera sig i dörröppningen med både ett positivt och negativt luftflöde in i rummet. I detta tidiga skede av brandförloppet är branden bränslekontrollerad. Utvecklad effekt styrs av hur mycket material som är involverat i branden.

Efter en tid kommer temperaturen i lägenheten att bli så hög att övertändning inträffar, i detta skede går fönstren eventuellt sönder. Branden är nu ventilationskontrollerad och utvecklad effekt styrs av hur mycket luft som kommer in i brandrummet.

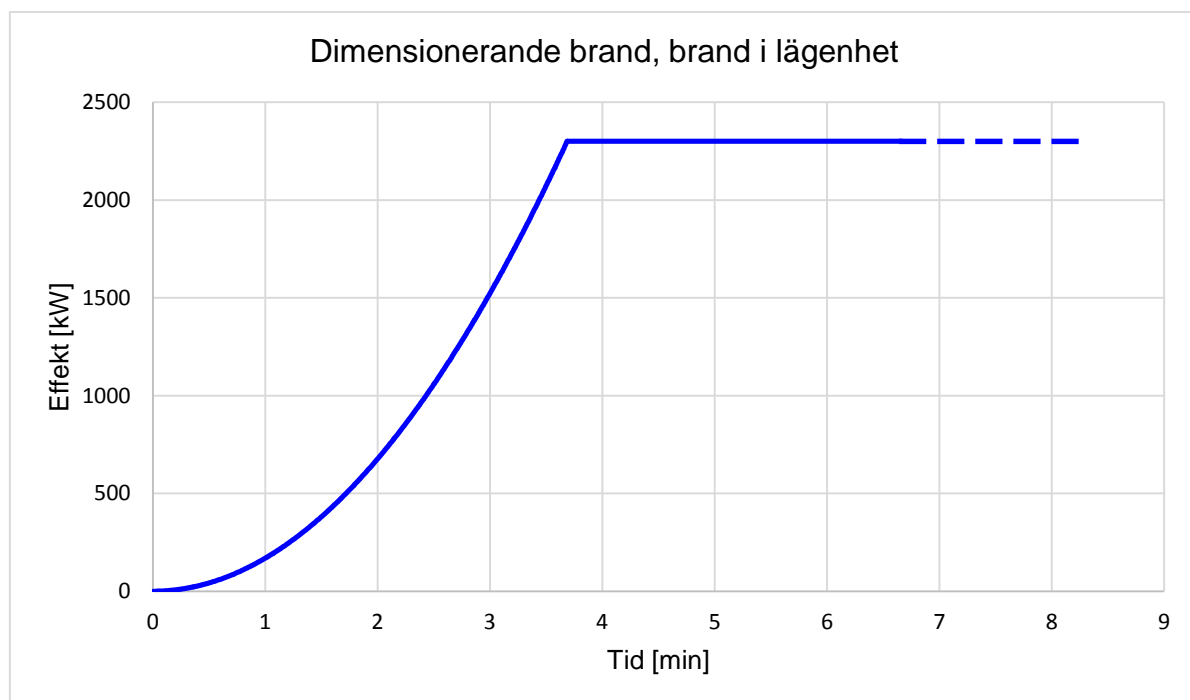
Vid vilken effekt övertändning sker kan uppskattas med *Ekvation B.4*.

Med bredden 1 meter och höjden 2,1 meter på lägenhetsdörren fås enligt *Ekvation B.5* ett massflöde in i lägenheten på 1,52 kg/s. Används hälften av syret till förbränning, vilket är en rimlig siffra innan höga temperaturer har nåtts, fås en maximal effekt på 2,3 MW enligt *Ekvation B.4*. Denna effekt kan tänkas öka senare under brandförloppet om mer tilluft ordnas till branden, till exempel om fönster går sönder av värme eller räddningstjänsten förstör dem, eller när temperaturen ökar i brandrummet och effektivare förbränning sker. Eftersom det är det tidiga brandförloppet som är av intresse tas ingen hänsyn till detta.

Rekommenderad brandbelastning från Boverket är att 80-percentilen är 800 MJ/m<sup>2</sup> golvyta vilket ger en total brandbelastning på drygt 20 000 MJ (BFS 2013:11). Detta innebär att branden kan fortgå i flera timmar om ingen släckinsats utförs.

Rekommenderad tillväxthastighet för både bostäder och vårdlokaler är 0,047 kW/m<sup>2</sup> enligt BBRAD (BFS 2013:12). Eftersom tillträde till lägenheterna inte var möjlig under platsbesöket är det osäkert hur det ser ut i lägenheterna. Dessutom kan variationen i lägenheterna förväntas vara stor. Med anledning av detta används detta schablonvärdet på tillväxthastigheten.

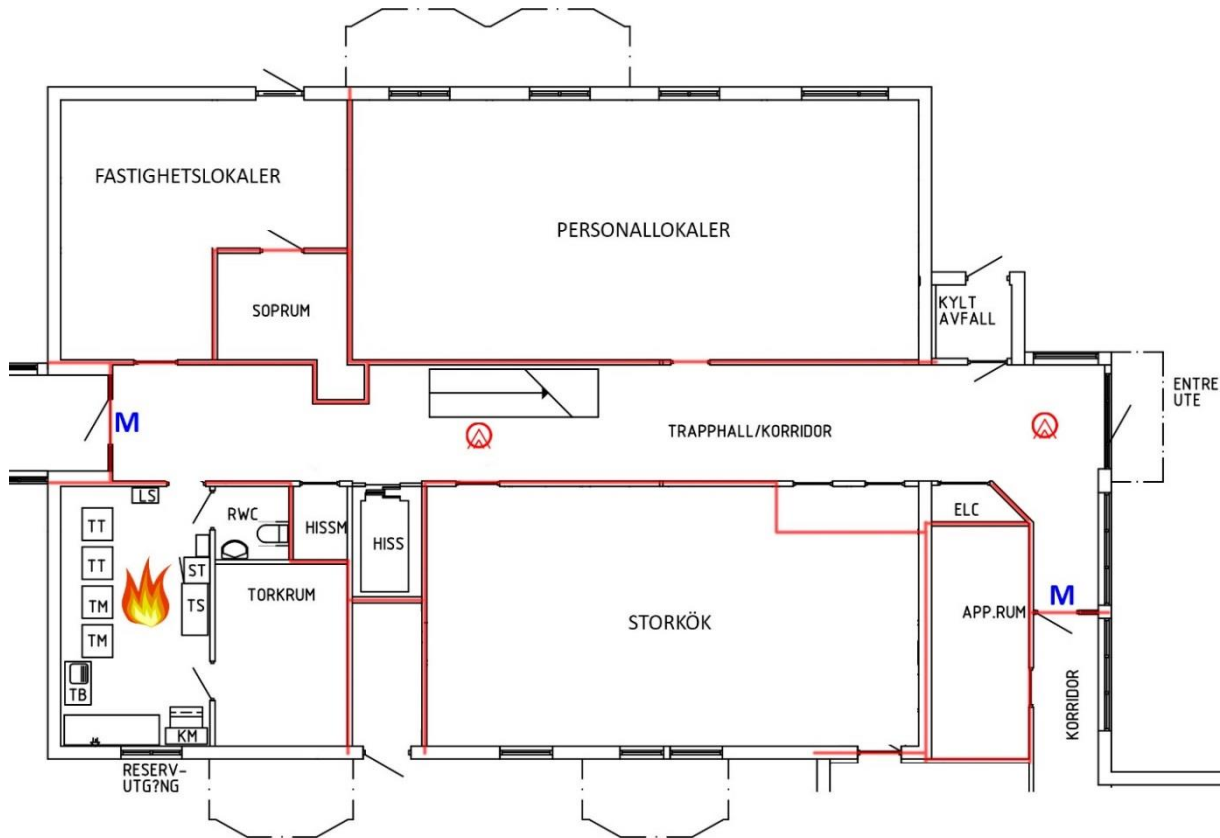
Sammantaget leder detta till nedanstående dimensionerande brandkurva i *Figur 8.5*. Efter drygt 3,5 minuter blir den dimensionerande branden ventilationskontrollerad, övertändning kan förväntas ske efter omkring tre till fem minuter. För beräkningar, se *B.2*.



**Figur 8.5.** Effektutvecklingskurva för dimensionerande brand i lägenhet.

### 8.3 Brandscenario 3 – Brand i tvättstuga

För brand i tvättstuga väljs tvättstugan på bottenvåningen i Hus 9. Se brandens placering i *Figur 8.6*. Att denna tvättstuga väljs motiveras med att den är större än övriga tvättstugor i byggnaden, samt att konsekvenserna från en tvättstugebrand på ett högre våningsplan bedöms täckas in till stora delar av brandscenarierna med brand i gemensamt kök och brand i lägenhet. Resultaten och slutsatserna från de scenarierna kan därmed till stora delar appliceras på brand i tvättstuga på de högre våningsplanen.

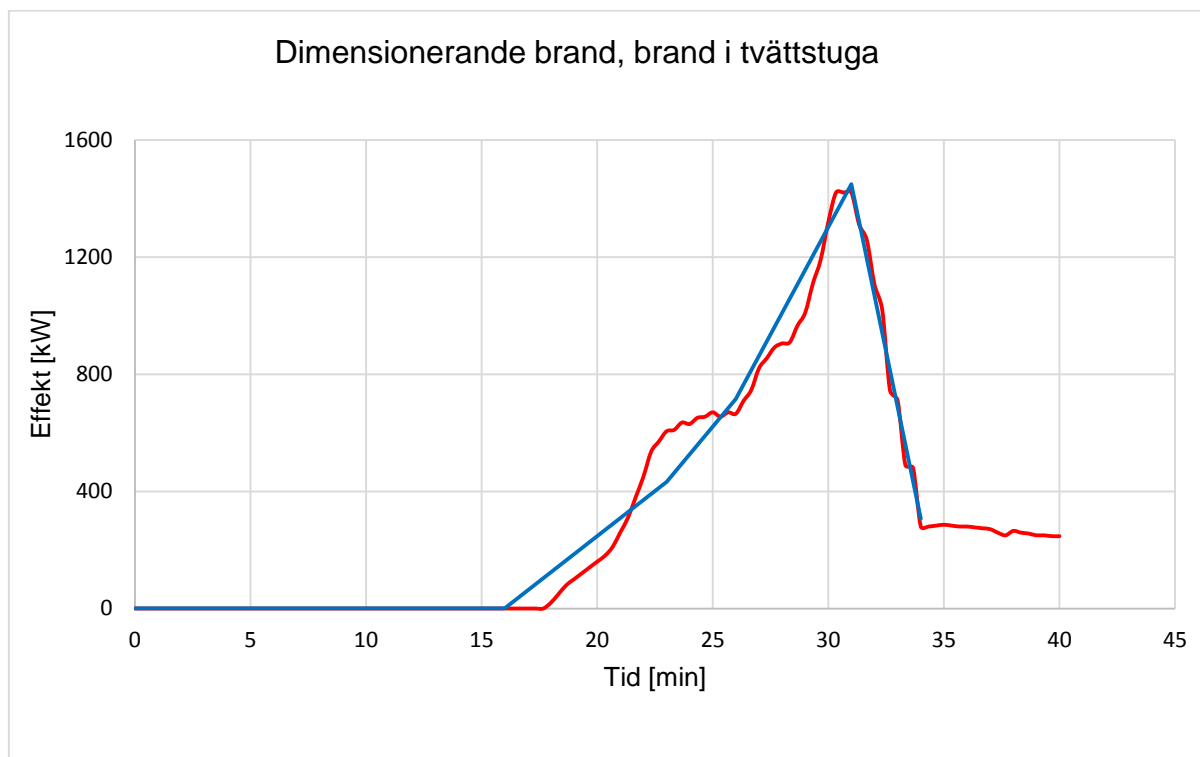


*Figur 8.6. Placering av brand i tvättstuga i Hus 9 på markplan. Bild: Fabian Ardin.*

I tvättstugan finns två tvättmaskiner, två torktumlare, torkskåp och mangel. Även vissa mängder tvätt förväntas förvaras i tvättstugan, antingen i väntan på tvätt eller förvarade efter tvätt. En tvättmaskin som brinner har till en början väldigt långsam effektutveckling, med nästan enbart rökutveckling de första 15 minuterna. När branden väl tar fart uppstår en pölbrand på grund av plastinnehållet i en tvättmaskin, enligt Hietaniemi et al. (2001).

Effektkurvan är framtagen med hjälp av data enligt *Tabell B.4* från Hietaniemi et al. (2001) där tvättmaskiner eldades och effektutveckling mättes. Eftersom brandspridningen antas vara snabb när branden väl tagit fart adderades kurvorna för tvättmaskinerna med 20-30 sekunders fördröjning. Branden når en effekttopp på ungefär 1450 kW enligt *Figur 8.11*. När branden börjar utvecklas efter ungefär 17 minuter har den en tillväxthastighet på 0,002 kW/s<sup>2</sup>. För att få något konservativare beräkningar uppskattas tillväxthastigheten vara 0,003 kW/s<sup>2</sup>, vilket motsvarar en långsam brandtillväxt. Därefter avtar branden i tvättmaskinerna och torktumlarna medan kläderna fortsätter brinna med en brandeffekt runt 300 kW.

Genom *Ekvation B.4* är den dimensionerade maximala brandeffekten för tvättstugan, med dörren ut till korridoren öppen, 1,85 MW under förutsättning att hälften av all luft går åt till förbränning. Den maximala effekten från brandobjekten uppgår till ungefär 1,45 MW enligt *Figur 8.7*, vilket medför att branden inte blir ventilationskontrollerad.



**Figur 8.7.** Effektutvecklingskurva för dimensionerande brand i tvättstuga (blå) och verklig effektutveckling (röd).

Dimensionerande brand används för vidare beräkningar av tid till kritiska förhållanden i FDS.

## 9 Simulering av brandscenarier

Simulering av brandscenarierna görs i Fire Dynamics Simulator, FDS. Nedan redogörs för FDS allmänt och därefter följer olika avsnitt med beskrivning av hur FDS konfigureras till de olika brandscenarierna som det redogjordes för i *Kapitel 8*.

### 9.1 Fire Dynamics Simulator

Simulering av brandförlopp och brandgasspridning i byggnaden görs med programvaran FDS. Programmet, som är en fältmodell, är utvecklat av NIST och är ett så kallat CFD-program som bygger på LES-teknik. Modellen delar in beräkningsdomänen i ett antal celler och löser Navier-Stokes-Ekvationer för fluidströmningsdynamik i dessa celler. För fenomen som inte kan fångas upp av cellerna, till exempel turbulens i liten skala och strålning, används olika undermodeller. För generell information om modellering av bränder med fältmodeller hänvisas till Karlsson och Quintiere (2000) och Cox och Kumar (2002). För detaljerad information om FDS hänvisas till NIST (2014a) och NIST (2014b). Den version av FDS som används i detta arbete är 6.1.2.

### 9.2 Beräkningsdomänen

För att modellera branden på ett realistiskt sätt krävs en fin upplösning på beräkningsdomänen, även kallad meshen. Detta för att fånga tillräckligt mycket turbulens i beräkningsdomänen. Turbulensen styr bland annat luftinblandningen i brandplymen. En siffra som nämns i NIST (2014a) är att 80 % av turbulensen ska lösas i beräkningsdomänen för att resultatet ska bli bra.

För att uppskatta hur fin upplösning som behövs i beräkningsdomänen kan *Ekvation 9.1* användas. Uttrycket är en kvot mellan den karakteristiska bränslediametern och cellstorleken i beräkningsdomänen. Symbolerna förklaras på *Sida IX*.

$$\frac{D^*}{\delta x} = \frac{\left(\frac{\dot{Q}}{\rho_{\infty} c_p T_{\infty} \sqrt{g}}\right)^{2/5}}{\delta x} \quad \text{Ekvation 9.1}$$

Lämpliga värden på kvoten återfinns bland annat i Frantzich & Nystedt (2011). För att bestämma brandgaslagrets temperatur och höjd är fem som en första ansats lämpligt och tio vid kontroll i en känslighetsanalys. För att bestämma temperatur i takstråle och flammhöjd nämns värden på 10-15 på kvoten. I NIST (2014a) nämns värden i intervallet 4-16.

### 9.3 Geometri och material

Resultaten i FDS påverkas i hög grad av vilket material som används på omslutningsytorna. Konstruktionen i byggnaderna på Västralid är utförda i betong. I FDS ges därför alla ytor, utom hissdörrarna, materialegenskaper motsvarande de som betong har. Hissdörrarna ges materialegenskaper för stål. Materialegenskaperna som används återges i *Tabell 9.1*. Tjockleken avser den tjocklek som används i FDS. Materialegenskaperna är beroende av hur varma materialen är och värmeledningen genom konstruktionen beror på hur tjocka väggar och bjälklag är. Eftersom intresset för beräkningarna är det tidiga brandförloppet kommer dessa parametrars betydelse vara begränsad varför bara grova uppskattningar används.

*Tabell 9.1. Materialparametrar som används i FDS vid simulering av brandscenarierna. Värderna kommer från Karlsson och Quintiere (2000).*

Material	Densitet [kg/m <sup>3</sup> ]	Värmekonduktivitet [W/mK]	Specifik värmekapacitet [J/kgK]	kpc [W <sup>2</sup> s/m <sup>4</sup> K <sup>2</sup> ]	Tjocklek [m]
Betong	2100	1,1	880	2 * 10 <sup>6</sup>	0,10
Stål	7820	45	460	1,6 * 10 <sup>8</sup>	0,05

Ingen normal byggnadskonstruktion är helt tät utan läckor finns i anslutningar mellan väggar, bjälklag runt fönster och dörrar och liknande. Dessutom finns kanaler för ventilation. Det gör att det i praktiken är omöjligt att bygga upp några betydande tryckskillnader inom byggnaden.

I *Tabell 9.2* finns värden för uppmätta läckageytor i kommersiella byggnader.

*Tabell 9.2. Relativa storlekar för läckageytor på olika typer av konstruktionselement. Värderna kommer från Klote (2002).*

Konstruktionselement	Förklaring	Täthet	Kvot
Väggar, utvändigt	Avser otätheter i konstruktionen och springor runt dörrar och fönster	Medel	$A_l/A_w = 0,17 * 10^{-3}$
Väggar, trapphus		Medel	$A_l/A_w = 0,11 * 10^{-3}$
Väggar, hisschakt		Medel	$A_l/A_w = 0,84 * 10^{-3}$
Golv	Avser otätheter i konstruktionen och genomföringar	Medel	$A_l/A_f = 0,52 * 10^{-4}$

I litteraturen finns uppmätta läckageareor för hissdörrar. Värderna som nämns är 0,051 till 0,065 m<sup>2</sup> (Klote, 2002) och 0,056 m<sup>2</sup> (Klote, 2004).

Dessa värden på läckageytor används i FDS för att definiera beräkningsdomänen som en så kallad "pressure zone" vilket tillåter läckage från geometrin ut ur beräkningsdomänen. För mer information hänvisas till NIST (2014a).

## 9.4 Modellering av branden

Förutom cellstorleken är även effektutveckling per ytenhet en viktig parameter eftersom massflödet i plymen är direkt beroende av denna parameter. Därför är det viktigt att ett realistiskt värde väljs på denna parameter, kallad HRRPUA i FDS. I brandens tillväxtstadium bör det i FDS användas en branddiameter som ändras med tiden för att inte HRRPUA ska bli orealistisk när effekten ändras. (Best Practice gruppen, 2009; Frantzich & Nystedt 2011).

Värden för effektutveckling per ytenhet finns tabellerad i Karlsson och Quintiere (2000). För stoppade möbler ligger värdena i intervallet 1000-2500 kW/m<sup>2</sup>.

För Brandscenario 1 och Brandscenario 2 modelleras branden genom en cirkulär & VENT med en föreskriven SPREAD\_RATE. Härledning av parametrarna som används finns i *Bilaga C*. För Brandscenario 3 används en rektangulär brännare där HRRPUA förändras över tiden eftersom hela ytan är aktiv genom hela simuleringen.

## 9.5 Bränsle och brandgasernas sammansättning

Att modellera förbränning är mycket komplicerat och som standardutförande använder FDS sig enbart av en simpel enstegsreaktion. För att uppskatta hur mycket kolmonoxid och sot som bildas från branden måste användaren själv specificera så kallade yields, vilka anger massa förbränningsprodukter per massa förbränt bränsle.

Detta sätt att uppskatta produktion av kolmonoxid och sot fungerar relativt bra för bränslekontrollerade bränder där uppmätta värden kan användas eftersom produktionen är mer eller mindre konstant. För ventilationskontrollerade bränder är produktionen dock kraftigt beroende av hur mycket syre som finns tillgängligt. Andra faktorer påverkar också brandgasernas sammansättning, till exempel om flammen går upp i brandgaslagret.

Som bränsle i brandscenerierna med brand i korridor och brand i lägenhet används polyuretan. I korridorerna finns mycket stoppade möbler. Exakt vilka typer av möbler och vilket material som finns i dessa möbler är osäkert och kan förväntas variera med tiden och vara olika på olika platser i huset. Eftersom polyuretan är en vanlig stoppning i möbler används det som bränsle i Brandscenario 1 och Brandscenario 2. I lägenheterna kan variationen av bränsletyper och mängden bränsle förväntas vara stor. En brand i en stoppad möbel i en lägenhet är dock fullt möjlig och eftersom producerad mängd kolmonoxid och sot är högre för polyuretan än för till exempel trä används polyuretan även som bränsle i lägenhetsbranden. Förbränningsdata för polyuretan är sammanställd i *Tabell 9.3* nedan.

**Tabell 9.3.** Förbränningsdata för polyuretan. Värden kommer från Tewarson (2002).

Typ av polyuretan	$\Delta H_c$ vid stökiometri [MJ/kg]	$y_{CO}$ [g/g]	$y_{soot}$ [g/g]	Kemisk sammansättning
GM21	26,2	0,010	0,131	$C_1H_{1.8}O_{0.30}N_{0.05}$
GM23	27,2	0,031	0,227	$C_1H_{1.8}O_{0.35}N_{0.06}$
GM25	24,6	0,028	0,194	$C_1H_{1.7}O_{0.32}N_{0.07}$
GM27	23,2	0,042	0,198	$C_1H_{1.7}O_{0.03}N_{0.08}$
GM29	26,0	0,031	0,125	$C_1H_{1.1}O_{0.23}N_{0.10}$
GM31	25,0	0,038	0,104	$C_1H_{1.2}O_{0.22}N_{0.10}$
GM37	28,0	0,025	0,113	$C_1H_{1.2}O_{0.20}N_{0.08}$
<b>Medelvärde</b>	<b>25,7</b>	<b>0,03</b>	<b>0,156</b>	<b><math>C_1H_{1.5}O_{0.24}N_{0.08}</math></b>

För beräkningarna används medelvärdena från Tabellen ovan. Jämförelse kan göras med BBRAD. Där rekommenderas en yield på 0,06-0,1 g/g för CO och sot i välventilerade bränder.

Som bränsle för Brandscenario 3, brand i tvättstuga, används polystyren som bränsle eftersom det är ett vanligt material i tvättmaskiner. (Hietaniemi et al, 2001) Förbränningsdata för polystyren återges i *Tabell 9.4*.

**Tabell 9.4.** Förbränningsdata för polystyren. Värden kommer från Karlsson och Quintiere (2000).

Beskrivning	$\Delta H_c$ vid stökiometri [MJ/kg]	$y_{CO}$ [g/g]	$y_{soot}$ [g/g]	Kemisk sammansättning
<b>Polystyren</b>	<b>39,2</b>	<b>0,06</b>	<b>0,16</b>	<b><math>C_8H_8O_5</math></b>

Förbränningseffektiviteten,  $\chi$ , antas vara 0,7 vilket är ett vanligt värde för kolvätebränder. (Karlsson & Quintiere, 2000)

Vidare påverkas simuleringen av brandförloppet av hur stor andel av effektutveckling som är konvektiv respektive radiativ. Ett vanligt antagande är att 30 % utgörs av radiativ effektutveckling. För kolvätebränder är den radiativa effektutvecklingen 20-40% och den konvektiva 70 % Karlsson & Quintiere (2000). I simuleringarna används dessa värden.

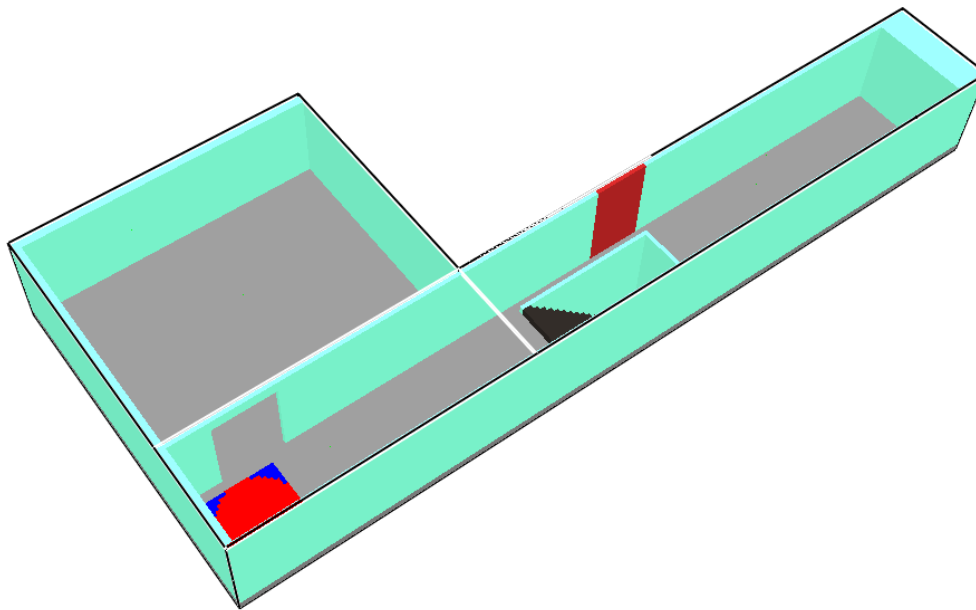


## 9.6 Brandscenario 1 – Brand i korridor

Nedan redogörs för simulering av brand i korridor. Koden som körs i FDS återfinns i *Bilaga C*.

### 9.6.1 Beräkningsdomän, geometri och material

De utrymmen som inkluderas i FDS är korridoren och det gemensamma köket med öppen dörr. Samtliga lägenhetsdörrar på våningsplanet med branden antas vara stängda och dessa modelleras därför inte. Se *Figur 9.1*.



*Figur 9.1. Skärmdump på geometrin från FDS. Brännaren är den röda cirkeln i figuren.*

Totalt används två mesher, en som inkluderar kök och den del av korridoren som branden är i och en som inkluderar resterande del av korridoren. Övriga lägenhetsdörrar antas vara stängda och dessa lägenheter modelleras inte, anledningen är att det är troligt att dörrarna är stängda och det kommer leda till en snabbare rökfylld av korridoren. Som cellstorlek används kuber på 10 cm. Mått på korridoren och köket hämtas från ritningar i *Bilaga A*. Som takhöjd används 2,4 meter vilket är det värde som uppmättes vid platsbesöket. Samtliga ytor ges materialegenskaper för betong. Läckageytor beräknas genom att multiplicera omslutningsytorna med värden från *Tabell 9.2*.

### 9.6.2 Modellering av branden

Branden modelleras med hjälp av en cirkulär &VENT med en SPREAD\_RATE för att få rätt effektutveckling och samtidigt få en realistisk HRRPUA. Som material används polyuretan.

Som HRRPUA används 1375 kW/m<sup>2</sup>. Detta är ett representativt värde för stoppade möbler (Karlsson & Quintiere, 2000).

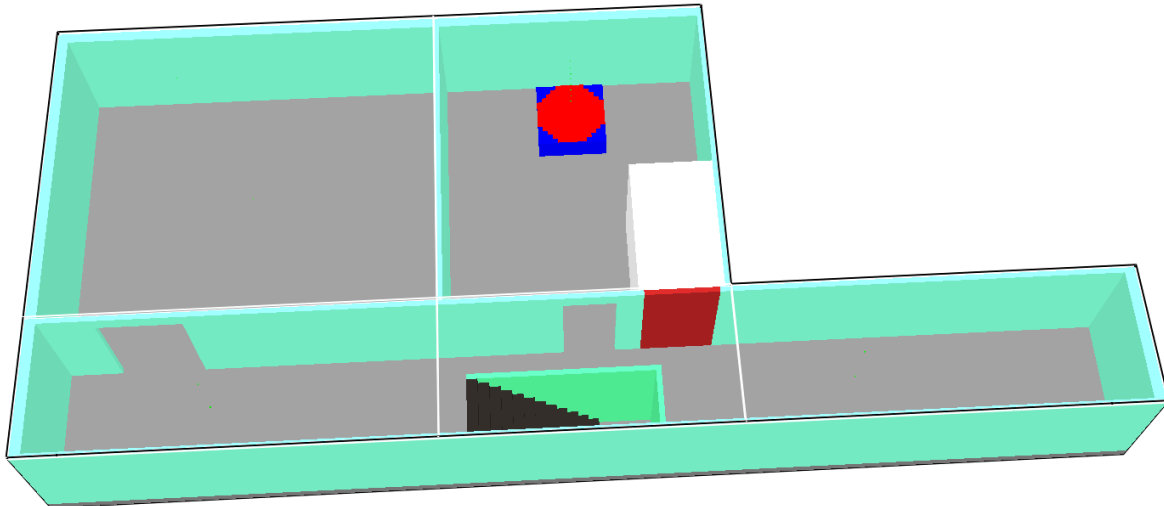
Parametrar som används till branden beräknas enligt *Bilaga C.1*. (För en detaljerad beskrivning av parametrarna hänvisas till NIST 2014a.)

## 9.7 Brandscenario 2 – Brand i lägenhet

Nedan redogörs för simulering av brand i lägenhet. Koden som körs i FDS återfinns i *Bilaga C*.

### 9.7.1 Beräkningsdomän, geometri och material

De utrymmen som inkluderas i FDS är korridoren, lägenheten med branden och de gemensamma köket med öppen dörr. Samtliga lägenhetsdörrar på våningsplanet, förutom dörren till den lägenhet som branden är i, antas vara stängda och dessa modelleras därför inte. Se *Figur 9.2*.



*Figur 9.2.* Skärmdump på geometrin från FDS. Brännaren är den röda cirkeln i figuren.

Totalt används tre mesher, en som inkluderar kök och delen av korridoren utanför köket, en som inkluderar lägenheten med branden och korridoren utanför och en med resterande del av korridoren. Övriga lägenhetsdörrar antas vara stängda och dessa lägenheter modelleras inte, anledningen är att det är troligt att dörrarna är stängda och det kommer leda till en snabbare rökfyllnad av korridoren. Som cellstorlek används kuber på 10 cm i samtliga mesher. Mått på korridoren, lägenheten och köket hämtas från ritningar i *Bilaga A*. Som takhöjd används 2,4 meter vilket är det värde som uppmättes vid platsbesöket. Samtliga ytor ges materialegenskaper för betong. Läckageytor beräknas genom att multiplicera omslutningsytorna med värden från *Tabell 9.2*.

### 9.7.2 Modellering av branden

Branden modelleras med hjälp av en cirkulär &VENT med en SPREAD\_RATE för att få rätt effektutveckling och samtidigt få en realistisk HRRPUA. Som material används polyuretan.

Som HRRPUA används 1494 kW/m<sup>2</sup>. Detta är ett representativt värde för stoppade möbler (Karlsson & Quintiere, 2000).

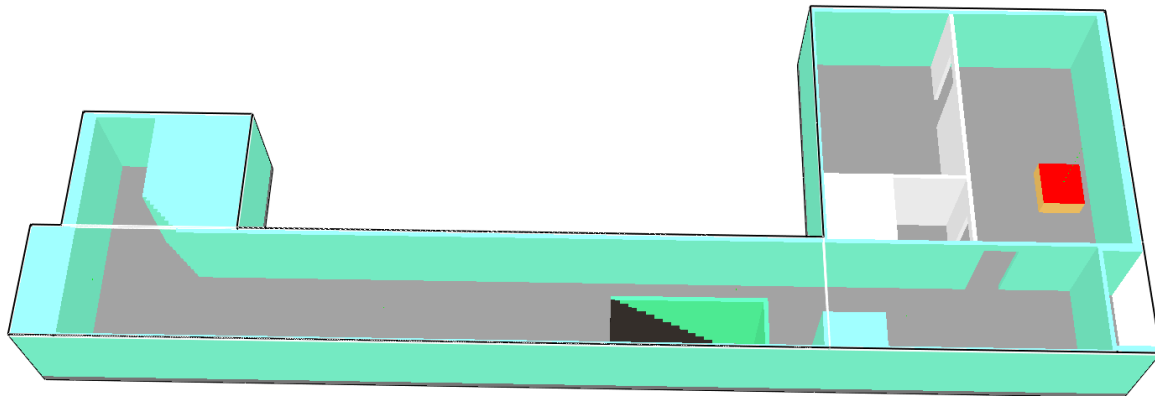
Parametrar som används till branden beräknas enligt *Bilaga C.1*. (För en detaljerad beskrivning av parametrarna hänvisas till NIST 2014a.)

## 9.8 Brandscenario 3 – Brand i tvättstuga

Här redogörs för simulering av brand i tvättstuga. Koden som körs i FDS återfinns i *Bilaga C*.

### 9.8.1 Beräkningsdomän, geometri och material

De utrymmen som inkluderas i FDS är tvättstugan och korridoren utanför. Samtliga övriga dörrar antas vara stängda och utrymmen innanför dessa modelleras därför inte. Se *Figur 9.3*.



*Figur 9.3.* Skärmdump på geometrin från FDS. Brännaren är den röda rektangeln i figuren.

Totalt används tre mesher, en som inkluderar tvättstugan och korridoren utanför och två som inkluderar korridoren. Övriga utrymmen antas vara stängda och dessa utrymmen modelleras inte, anledningen är att det är troligt att dörrarna är stängda och det kommer leda till en snabbare rökfylld av korridoren. Som cellstorlek används kuber på 10 cm. Mått på korridoren och tvättstugan hämtas från ritningar i *Bilaga A*. Som takhöjd används 2,4 meter vilket är det värde som uppmättes vid platsbesöket. Samtliga ytor ges materialegenskaper för betong. Läckageytor beräknas genom att multiplicera omslutningsytorna med värden från *Tabell 9.2*.

### 9.8.2 Modellering av branden

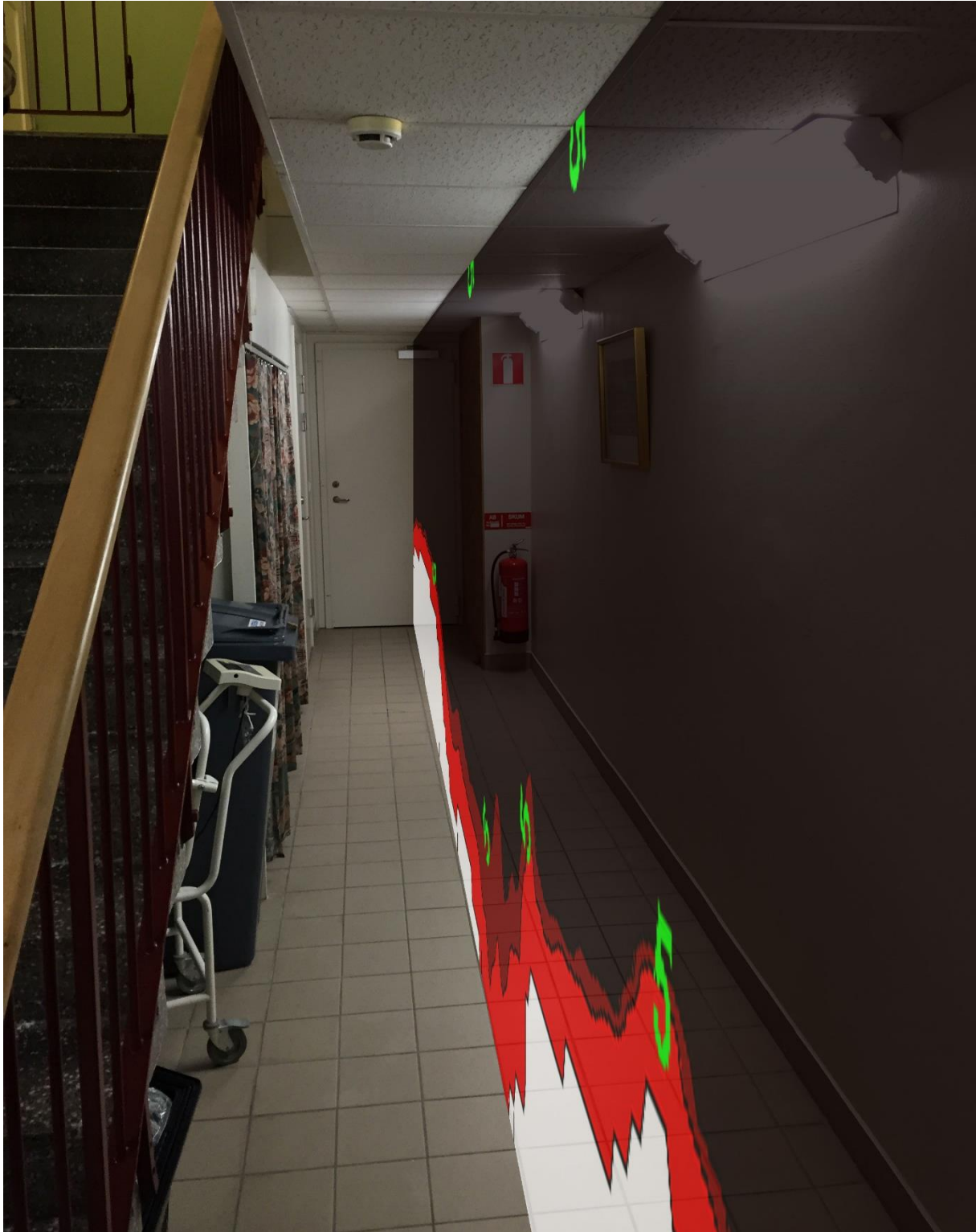
Branden modelleras med hjälp av en rektangulär yta med `&RAMP` för att variera effektutvecklingen. Ytan ges `HRRPUA` på  $1330 \text{ kW/m}^2$ , vilket är ett lämpligt värde för polystyren (Karlsson & Quintiere, 2000).

`&RAMP`-funktionen innebär att hela ytan är aktiv vilket skapar mer felaktig flamtemperatur, flammhöjd och luftinblandning i brandplymen jämfört med om branden modelleras med `SPREAD_RATE`. Detta diskuteras i *Avsnitt 10.4*.



## 10 Resultat från simulering av brandscenarier

I detta kapitel redovisas resultat från simuleringarna av brandscenarierna. Figurerna som redovisas i kapitlet är från ett tvärsnitt mitt i korridoren vilken fungerar som utrymningsväg i de aktuella brandscenarierna. I *Figur 10.1* visas ett exempel.

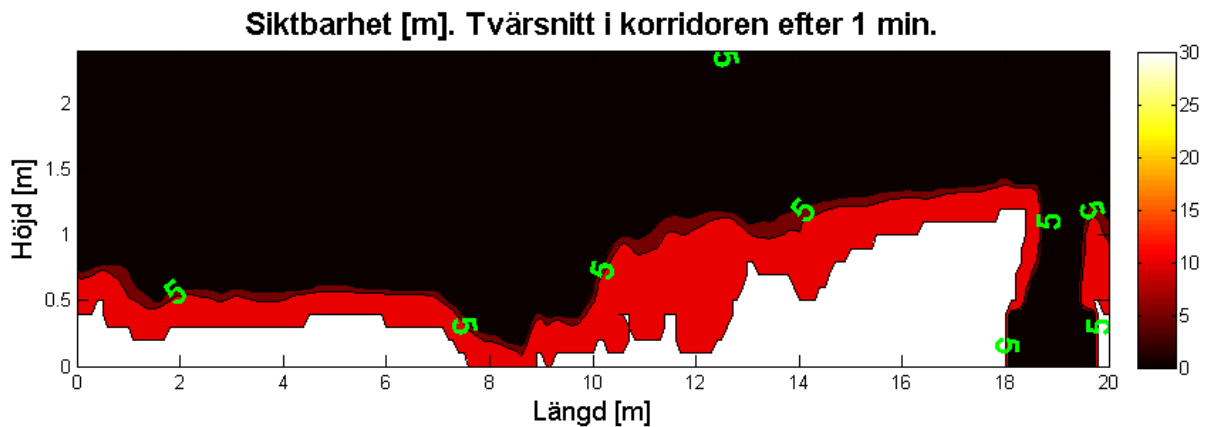


*Figur 10.1.* Bildmontage som visar position i korridorerna för tvärsnitten i figurerna i detta kapitel.  
Bild: Fabian Ardin.

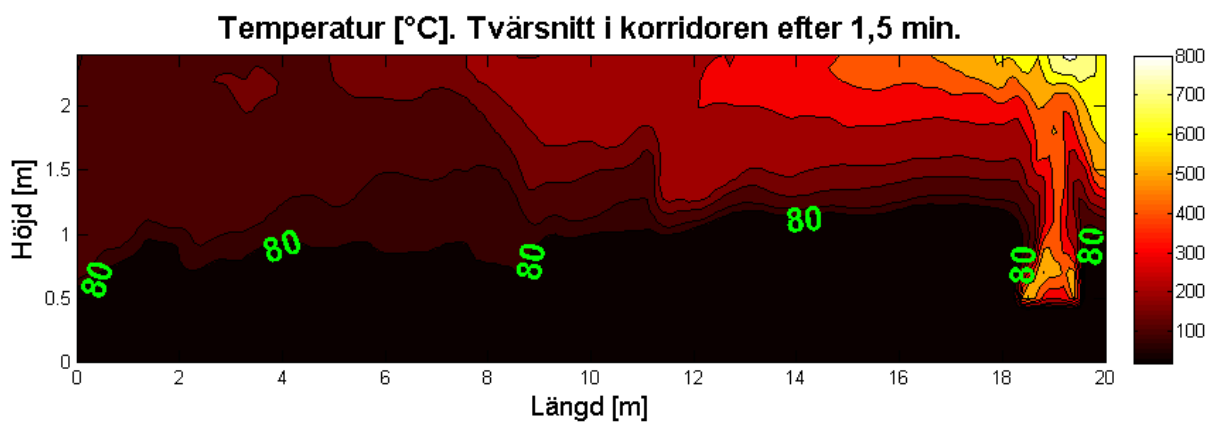
## 10.1 Resultat från Brandscenario 1 – Brand i korridor

Figur 10.2 visar siktbarheten i korridoren efter en minut. Gränsen för fem meters siktbarhet är markerad i figuren. Brandgaslagrets höjd går också att utläsa ur figuren. Det vita området har en siktbarhet större än 30 meter, vilket är FDS maximumvärde, det innebär att ingen eller en försumbar mängd sot finns i dessa partier. Brandgaslagret har en höjd på mellan omkring en halv och en meter ovan golvet efter en minut.

Figur 10.3 visar temperaturen i korridoren efter en och en halv minut. Till höger i figuren syns även branden.

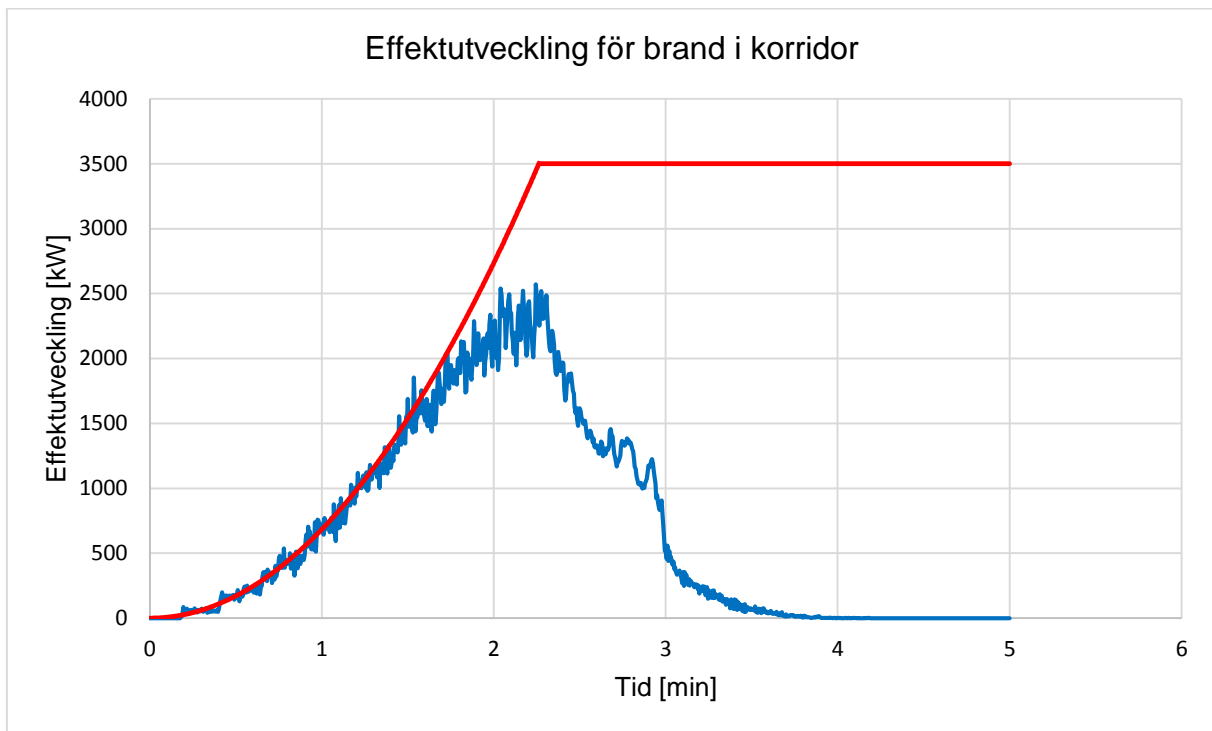


Figur 10.2. *Siktbarhet i korridoren efter en minut. Siktbarhet 5 meter är markerad. Bild: Fabian Ardin.*



Figur 10.3. *Temperatur i korridoren efter en och en halv minut. Temperaturen 80 °C är markerad. Bild: Fabian Ardin.*

I Figur 10.4 finns beräknad effektutveckling i FDS markerad.

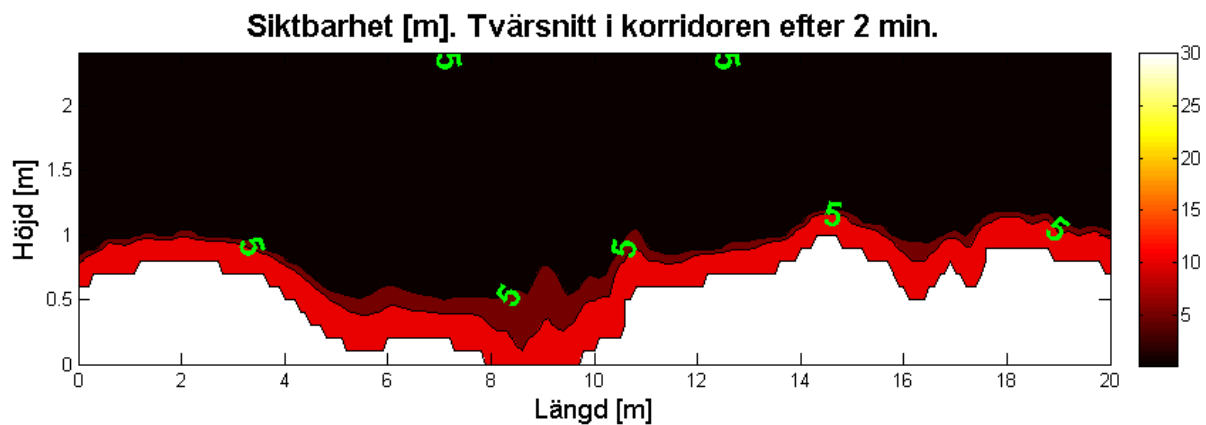


**Figur 10.4.** Beräknad effektutveckling i FDS (blå linje) samt föreskriven effektutveckling (röd linje). Det syns tydligt i figuren att branden blir ventilationskontrollerad efter drygt 1,5 minuter eftersom den blå linjen då avviker från den röda linjen.

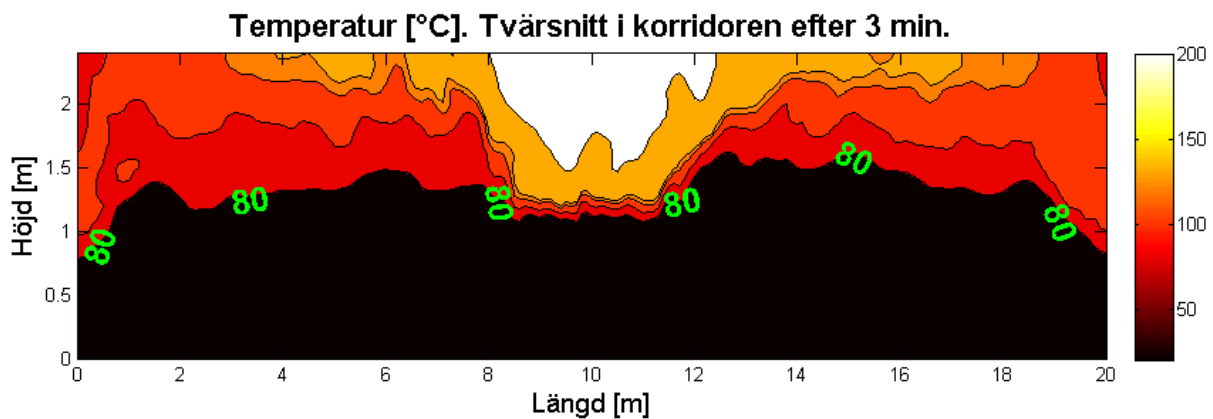
## 10.2 Resultat från Brandscenario 2 – Brand i lägenhet

Figur 10.5 visar siktbarheten i korridoren efter två minuter. Gränsen för fem meters siktbarhet är markerad i figuren. Brandgaslagrets höjd går också att utläsa ur figuren. Det vita området har en siktbarhet större än 30 meter, vilket är FDS maximumvärde, det innebär att ingen eller en försumbar mängd sot finns i dessa partier. Brandgaslagret har en höjd på omkring en halv till en meter efter två minuter.

Figur 10.6 visar temperaturen i korridoren efter tre minuter. Att temperaturen är mycket högre i mitten av tvärsnittet vid taket beror på att den öppna lägenhetsdörren vetter ut mot korridoren här och heta brandgaser från lägenheten strömmar ut i korridoren.



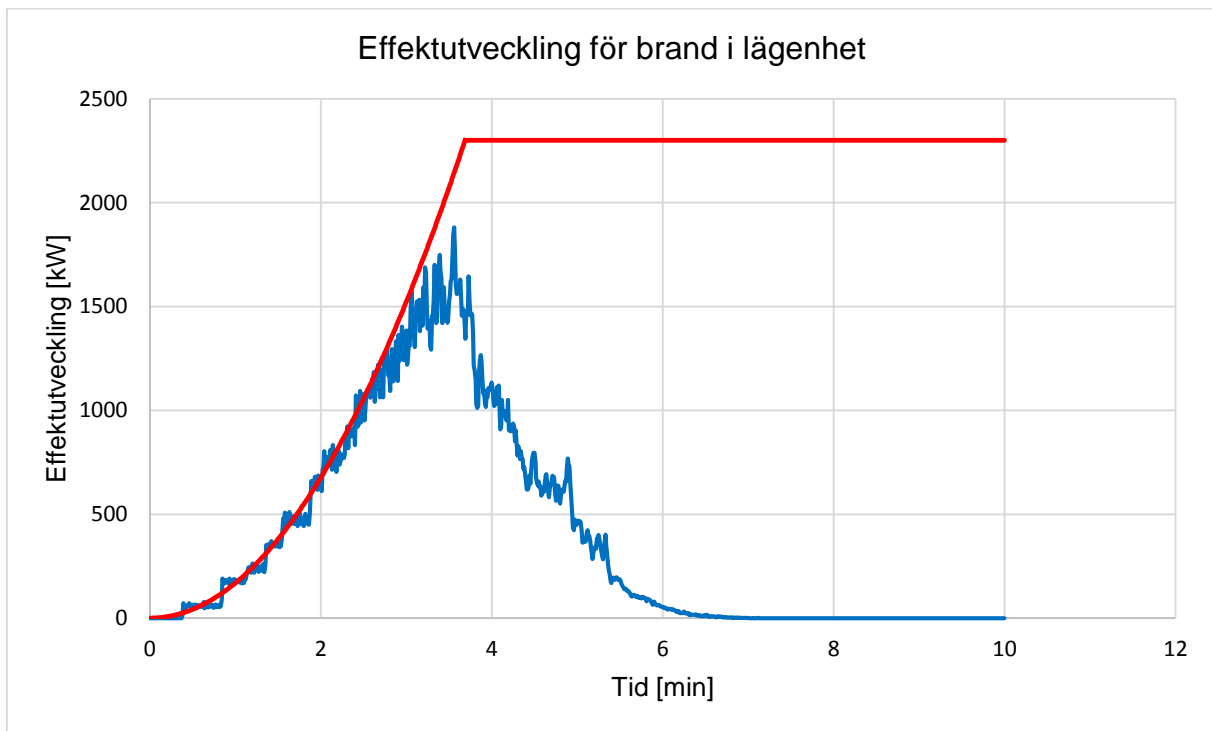
Figur 10.5. *Siktbarhet i korridoren efter två minuter. Siktbarhet 5 meter är markerad. Bild: Fabian Ardin.*



Figur 10.6. *Temperatur i korridoren efter tre minuter. Temperaturen 80 °C är markerad. Bild: Fabian Ardin.*



I Figur 10.7 finns beräknad effektutveckling i FDS markerad.

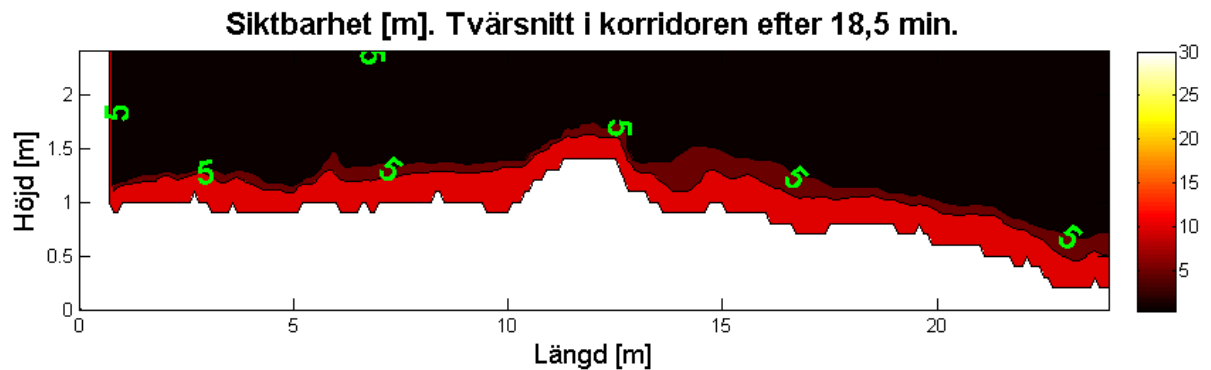


**Figur 10.7.** Beräknad effektutveckling i FDS (blå linje) samt föreskriven effektutveckling (röd linje). Det syns tydligt i figuren att branden blir ventilationskontrollerad efter drygt 3 minuter eftersom den blå linjen då avviker från den röda linjen.

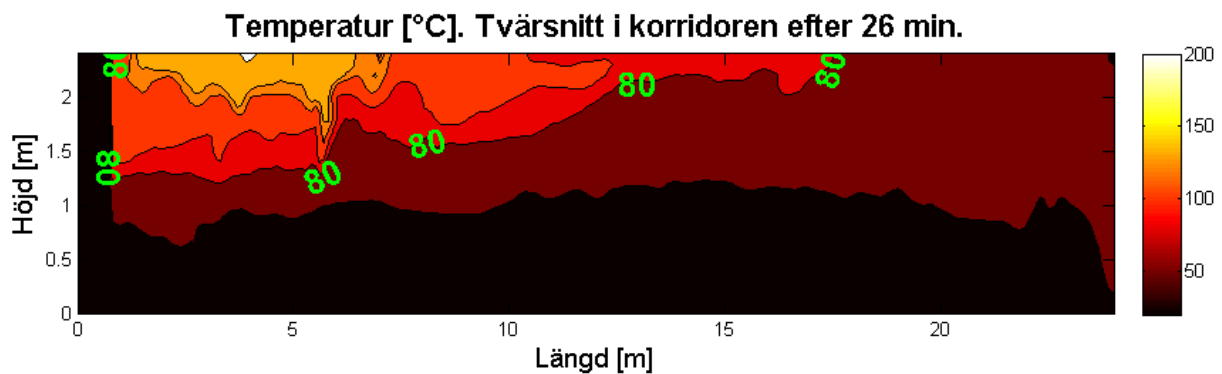
### 10.3 Resultat från Brandscenario 3 – Brand i tvättstuga

Figur 10.8 visar siktbarheten i korridoren efter 18,5 minuter. Gränsen för fem meters siktbarhet är markerad i figuren. Brandgaslagrets höjd går också att utläsa ur figuren. Det vita området har en siktbarhet större än 30 meter, vilket är FDS maximumvärde, det innebär att ingen eller en försumbar mängd sot finns i dessa partier. Brandgaslagret har en höjd på mellan cirka en halv och en och en halv meter ovan golvet efter 18,5 minuter.

Figur 10.9 visar temperaturen i korridoren efter 26 minuter.

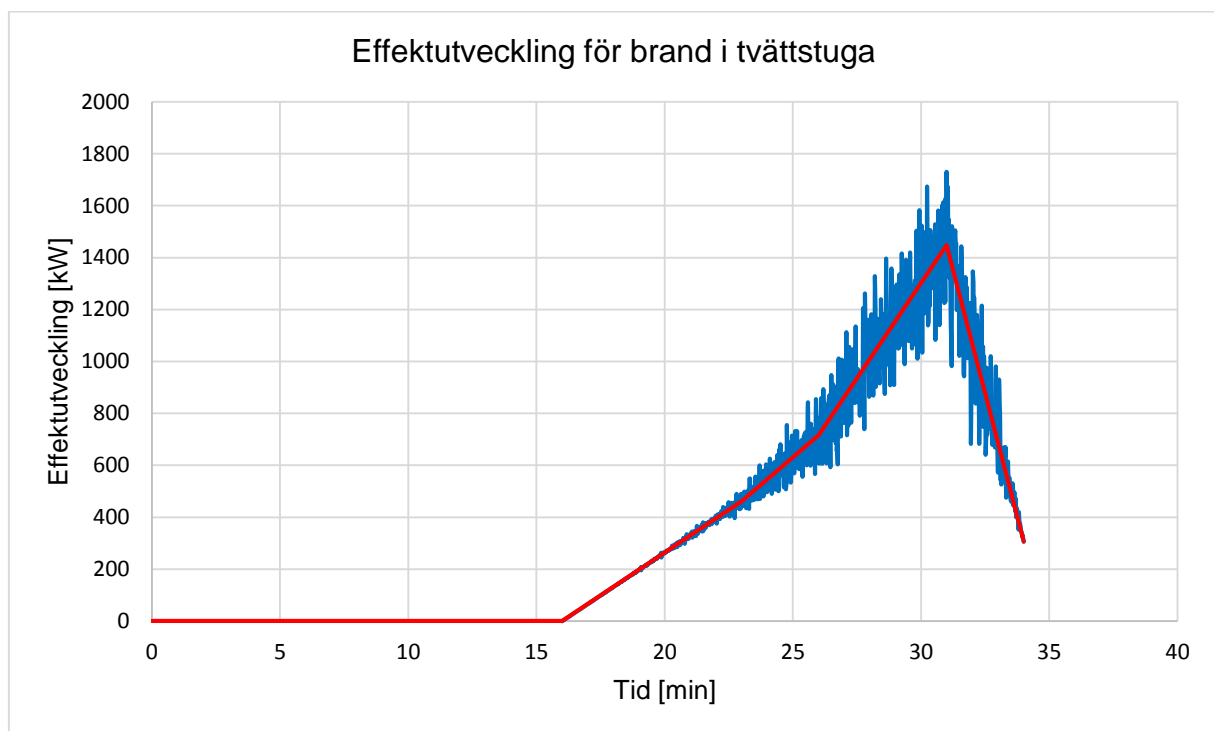


**Figur 10.8.** *Siktbarhet i korridoren efter 18,5 minuter. Siktbarhet 5 meter är markerad. Bild: Fabian Ardin.*



**Figur 10.9.** *Temperatur i korridoren efter 26 minuter. Temperaturen 80 °C är markerad. Bild: Fabian Ardin.*

I Figur 10.10 finns beräknad effektutveckling i FDS markerad.



**Figur 10.10.** Beräknad effektutveckling i FDS (blå linje) samt föreskriven effektutveckling (röd linje). Branden blir ej ventilationskontrollerad under simuleringen.

## 10.4 Diskussion

Kritiska förhållanden uppnås mycket snabbt i korridoren på våningsplanet för Brandscenario 1, brand i korridor, respektive Brandscenario 2, brand i lägenhet. Detta är förväntat eftersom brandbelastning och tillväxthastighet i korridorerna och lägenheterna på Västralid har antagits vara stora, detta motiverades i *Kapitel 8*, samtidigt är det en liten volym som ska fyllas med brandgaser.

Det ska påpekas att branden förmodligen kommer att ha ett initieringsstadium innan effektutvecklingen sätter fart. Detta kan fördröja de beräknade tiderna ovan. Under denna tid kan detektorer eventuellt fortfarande upptäcka branden och utrymning och släckförsök kan påbörjas. Detta gäller särskilt för Brandscenario 1 och Brandscenario 2. I Brandscenario 3, brand i tvättstuga, har hänsyn redan tagits till detta initieringsstadium.

För Brandscenario 1 och Brandscenario 2 har effektutvecklingen modellerats genom att ytan som är aktiv ökar med tiden. Detta medför att effektutvecklingen blir något ”trappliknande” på grund av den rektangulära geometrin, se *Figur 10.4* och särskilt *Figur 10.7*. Denna modellering av branden gör dock att effektutvecklingen per ytenhet (HRRPUA) blir rimlig genom hela modelleringen och att inblandningen av luft i plymen och flamtemperaturerna blir realistiska. För Brandscenario 3 modelleras branden genom att hela ytan är aktiv genom hela simuleringen. Anledningen till att Brandscenario 3 inte modelleras med SPREAD\_RATE är att effektutvecklingen är för liten i förhållande till cellstorleken för att en tillfredställande modellering ska vara möjlig. Detta medför att HRRPUA varierar kraftigt genom simuleringen och att både luftinblandning i plymen och flamtemperaturen blir orealistisk i stora delar av förloppet. Större osäkerhet finns därför i resultaten från Brandscenario 3 med avseende på producerad mängd brandgaser och temperatur jämfört med resultaten från Brandscenario 1 och Brandscenario 2.

Kvoten  $D^*/\delta x$  blir i början av simuleringarna mycket liten eftersom effektutvecklingen börjar i noll. När effektutvecklingen kommer upp i storleksordningen 1000 kW blir kvoten över tio. I *Tabell 10.1* redovisas värden för kvoten från simuleringarna.

**Tabell 10.1.** Kvoten  $D^*/\delta x$  för simuleringarna. Kvoten redovisas både för den maximala effektutveckling som uppnås i simuleringarna och den maximala föreskrivna.

	$D^*/\delta x$ (max)	$D^*/\delta x$ (uppnådd i simuleringarna)
<b>Brandscenario 1</b>	15,9	13,9
<b>Brandscenario 2</b>	13,4	12,0
<b>Brandscenario 3</b>	11,2	11,2

För Brandscenario 1 tar det mindre än en minut innan sikten i korridoren blivit så pass låg att kritiska förhållanden för utrymning har uppnåtts (siktbarhet < 5 m). För Brandscenario 2 tar det under två minuter. Det är viktigt att påpeka att sikten bygger på en empirisk korrelation och resultaten gäller för en ljusreflekterande utrymningsskylt. För vidare läsning hänvisas till NIST (2014a, s. 200). Sikten påverkas också av övrig belysning i utrymmet. Sikten påverkas dessutom i stor grad av hur hög soot-yield som anges i bränderna i FDS. I simuleringarna har

ett relativt högt värde valts som soot-yield om jämförelse görs med BBRAD där rekommenderande värden på denna parameter ligger i intervallet 0,06 – 0,1 g/g.

Acceptanskriteriet med avseende på temperatur (Temperatur > 80°C) uppfylls ej i korridoren efter ytterligare en halv minut för brand i korridor och ytterligare en minut för brand i lägenhet.

Branden blir ventilationskontrollerad i simuleringarna efter omkring två respektive tre minuter för Brandscenario 1 respektive Brandscenario 2. Detta kommer att påverka branddynamiken och särskilt toxiciteten. I verkligheten är det dock fullt möjligt att förutsättningarna är annorlunda. Exempelvis kan fönster och dörrar stå öppna vilket ger branden mer syre.

Resultaten för toxicitetsvärdena finns i *Kapitel 15*. Generellt kan sägas att det är nedsatt sikt och förhöjd temperatur som uppnås snabbast och att toxiciteten tar längre tid. Beräknade toxicitetsvärden i korridoren för Brandscenario 1 och Brandscenario 2 är mycket osäkra eftersom yields av kolmonoxid bara utgörs av föreskrivna tabellerade värden som enbart är tillämpbara för välventilerade förhållanden. Eftersom att simuleringarna för Brandscenario 1 och Brandscenario 2 visar att brandförloppen blir ventilationskontrollerade efter drygt två minuter är dessa tabellerade värden inte giltiga. Toxiciteten kan därför förväntas vara avsevärt högre i ett verkligt scenario än i simuleringen. I simuleringen för Brandscenario 2 uppnås aldrig kritiska förhållanden med avseende på toxicitet från kolmonoxid. Brandscenario 3 blir aldrig ventilationskontrollerad och beräknad toxicitet för detta scenario kan därför anses mer trovärdig.

De beräknade värdena från simuleringarna är på det stora hela osäkra. En del förenklingar har gjorts i inputvärden till FDS och FDS gör en hel del förenklingar. Det slutsatser som ändå kan göras utifrån beräkningarna är att kritiska förhållanden i korridoren, som är avsedd att användas som utrymningsväg, kommer att uppnås mycket snabbt. Efter ett par minuter är en utrymning inte längre möjlig genom korridoren på det aktuella våningsplanet för Brandscenario 1 och Brandscenario 2.

Egentligen hade det varit brukligt att testa simuleringarna för nodkonvergens och varierat parametrarna i en känslighetsanalys men även om värden varierar i en känslighetsanalys är det inte möjligt att tiden till kritiska förhållanden kommer att bli väsentligt längre. Med anledning av detta görs ingen vidare känslighetsanalys av beräkningarna i FDS. Resultaten får istället ses som en osäker approximation, men dessa visar dock ändå att kritiska förhållanden kommer att uppnås mycket snabbt i korridorerna.



## 11 Brandgasspridning via hisschakten

Hisschakten på Västrålid utgör ej egen brandcell och saknar särskild utformning för att minska konsekvenserna av brand. Hisschakt har visat sig kunna transportera stora mängder brandgaser uppåt i byggnader om inte hisschaktet är utfört på ett ändamålsenligt sätt. Om ett hisschakt betjänar enbart en brandcell behövs ingen särskild utformning för att minska konsekvenserna av brand och förhindra brandgasspridning (Brandskyddshandboken, 2014).

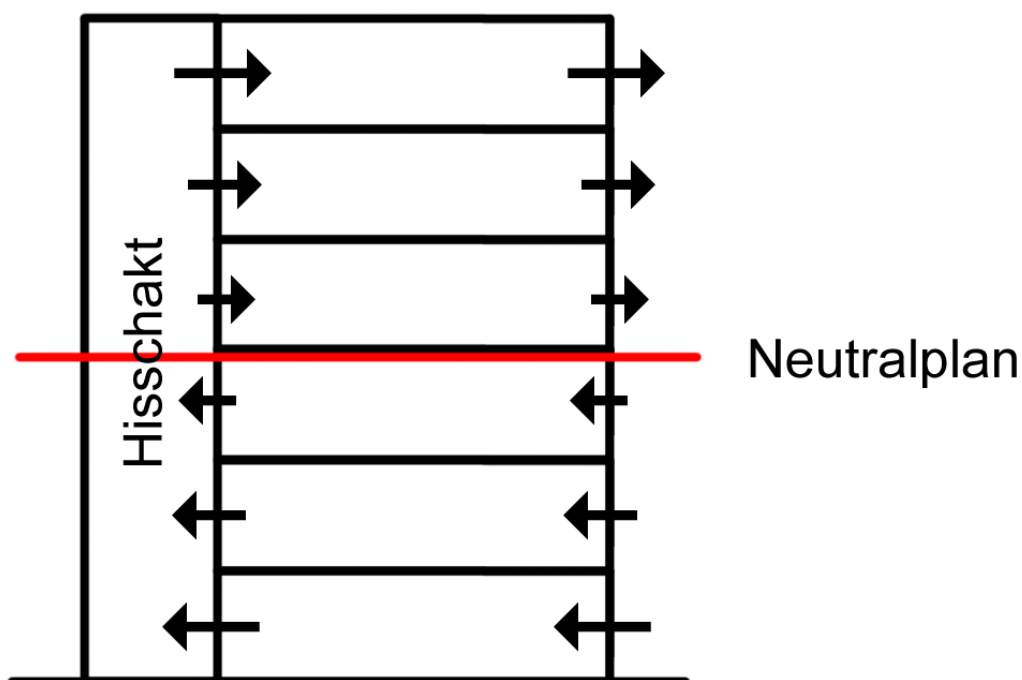
Ett öppet hisschakt är i praktiken en vertikal kanal genom byggnaden där stora luftflöden enkelt kan röra sig. I branden på hotellet MGM Grand i Las Vegas år 1980 bidrog bland annat hisschakten, vilka saknade utformning för att minska konsekvenserna av brand, till att stora mängder brandgaser kunde transporteras till de övre våningarna. I branden omkom 85 personer. Av dessa omkom 68 personer på de översta våningarna, långt från branden, på grund av de giftiga brandgaserna (Drysdale, 2011).

En stor del av energin som utvecklas från en brand går åt till att värma brandgaserna, som till stor del består av inblandad luft. Denna temperaturökning ger brandgaserna en volymutvidgning vilket innebär att luft kommer att pressas ut genom otätheter i brandutrymmet eftersom ingen normal byggnadskonstruktion är helt tät. Läckor finns i anslutningar mellan väggar, bjälklag, runt fönster och dörrar och liknande. Dessutom finns kanaler för ventilation. Det gör att det i praktiken är omöjligt att bygga upp några betydande tryckskillnader inom byggnaden.

Brandgasernas rörelse inom en byggnad påverkas till mycket stor del av tryckfördelningen inom byggnaden. Brandgaserna rör sig från områden med högre tryck till områden med lägre tryck. Det maximala trycket uppnås oftast på den våning där branden är. Lägst tryck återfinns oftast högst upp i byggnader. Hisschakt och hissdörrar är ofta otäta för att motverka tryckskillnader som annars hade byggts upp i hisschaktet då hisskorgen rör sig uppåt och nedåt (Black, 2013).

Eftersom att tryckskillnader skapade av en brand aldrig avviker särskilt mycket från atmosfärstrycket kan små faktorer som påverkar tryckfördelningen inom byggnaden ha stor påverkan på hur brandgaserna rör sig inom byggnaden. Det är därför svårt att förutsäga exakt hur brandgaser kommer att röra sig inom byggnaden. (Black, 2009)

Vid temperaturskillnader mellan byggnaden och utomhusluften, vilket är särskilt vanligt förekommande vintertid, riskerar den så kallade skorstenseffekten (eng: stack effect) att förvärra brandgasspridningen i byggnaden. Skorstenseffekten skapar ett luftflöde genom byggnaden. Någonstans i byggnadens höjdlid finns det så kallade neutralplanet där tryckskillnaden relativt omgivningen är noll. Under neutralplanet dras kall luft in genom otätheter i bygganden och uppvärmd luft strömmar ut genom otätheter ovanför neutralplanet, se *Figur 11.1*. Effekten blir större ju högre byggnaden är, ju större temperaturskillnaden är och ju otätare byggnaden är men fenomenet kan även existera i låga byggnader. Är utomhustemperaturen högre än temperaturen i byggnaden, vilket är ovanligt i Sverige, blir effekten den omvända (Klote, 2002).



**Figur 11.1.** Principskiss skorstenseffekt. Pilarna symboliserar flödet av luft. Bild: Fabian Ardin.

Med hissdörrarnas och hisschaktens nuvarande utformning på Västralid är risken för brandgasspridning mellan korridorerna på de olika våningsplanen uppenbar. Brandgasfyllnad av ovanliggande korridorer skulle potentiellt kunna omöjliggöra utrymning från de berörda våningsplanen.

Att kvantifiera spridningen är problematiskt eftersom en rad små faktorer kraftigt påverkar tryckprofiler och brandgasflöden vertikalt i byggnaden. Generellt kan dock sägas att mängden brandgaser som sprids ökar om branden är lokaliserad långt ned i någon av huskropparna, eftersom avståndet till neutralplanet därmed blir högre, vilket i sin tur leder till större tryckskillnader. Spridningen kommer troligen i första hand att ske till huskroppens allra översta delar. Vidare gäller också att ju längre brandförloppet pågår ju högre temperaturer kommer att uppnås i byggnaden och i hisschaktet vilket kommer att förstärka skorstenseffekten och öka spridningen av brandgaser.



## 12 Brandgasspridning via ventilationssystemet

I detta kapitel beskrivs ventilationssystemet och risken för brandgasspridning via detta.

### 12.1 Beskrivning av ventilationssystemet

Ventilationssystemet på Västralid är ett grenat från- och tilluftssystem, hädanefter benämnt FT-system. I ett FT-system har från- och tilluft olika kanalsystem där luftflödet sköts av separata fläktar. Byggnaderna har flera olika separata system. På vinden i Hus 8 och i Hus 10 finns ett fläktrum vardera och på översta våningen i Hus 9 finns ett fläktrum. Fläktrummet högst upp i respektive huskropp betjänar samtliga lokaler från plan ett och uppåt i respektive huskropp med från- och tilluft. Kanalsystemet finns markerat på ritningar i *Bilaga A.2*. Kanalsystemen är i princip identiskt utförda för dessa våningar varför enbart ritningar över kanalsystemet för Hus 10 är bifogat. Kanalsystemen är inte sammankopplade mellan huskropparna.

Till viss del betjänas även markvåningen av fläktrummet högst upp, men markvåningen betjänas även av andra separata system. I *Tabell 12.1* redovisas hur respektive lokal i byggnadens markvåning ventileras. Notera att soprummet på markvåningen betjänas av en separat fläkt på vinden där luftflödet går genom sopnedkastet. Hisschakten ventileras av ett frånluftsdon högst upp i schakten som betjänas av fläktrummet högst upp i respektive huskropp.

*Tabell 12.1. Ventilation för markvåning. Underlag: ventilationsritningar.*

	Lokal	Ventilation
<b>Hus 8</b>	Lägenhetsförråd	Frånluftskanal till fläktrum på vind. Tilluft via ytterväggsgaller.
<b>Markvåning</b>	Samlingslokal och sköterskemottagning	Separat FT-system med fläktar på markvåning.
	Soprum	Separat frånluftsfläkt på vinden via schakt för sopnedkast.
	Elcentral och Förråd/städ	Frånluftskanal till fläktrum på vind. Tilluft via ytterväggsgaller.
<b>Hus 9</b>	Tvättstuga	Data saknas, men troligen samma typ som expedition i Hus 10.
<b>Markvåning</b>	Personalutrymmen	Data saknas, men troligen samma typ som expedition i Hus 10.
	Elcentral/förråd och dyl.	Frånluftskanal till fläktrum på vind. Tilluft via ytterväggsgaller.
	Soprum	Separat frånluftsfläkt på vinden via schakt för sopnedkast.
	Storkök/Stor matsal	Separat FT-system med fläkt på markvåning.
<b>Hus 10</b>	Expedition	Från- och tilluft via samma kanalsystem och fläktar som besörjer övervåningen.
<b>Markvåning</b>	Lägenhetsförråd	Frånluftskanal till fläktrum på vind. Tilluft via ytterväggsgaller.
	Soprum	Separat frånluftsfläkt på vinden via schakt för sopnedkast.

I lägenheterna är tilluftsdonen placerade ute i boytan, och frånluftsdonen är placerade i taket på toalett och kök. Korridorerna har både till- och frånluftsdon placerade i takhöjd på var sin ände av korridoren, för att få en bra luftgenomströmning.

I *Bilaga A.2* finns ritningar över ventilationssystemet bifogade. Notera hur ventilationskanaler går från vindsutrymmet vertikalt nedåt i huskroppen på ett antal olika ställen. Dessa kanaler försörjer sedan lägenheter i samma del av huset men på olika våningsplan. Detsamma gäller för korridorerna. Detta innebär att våningsplanen står i direkt förbindelse med varandra via ett antal vertikala ventilationskanaler. Samtliga ventilationsschakt är dock brandklassade och ingjutna i bjälklaget. Schaktet som används till sopnedkast och ventilation av soprum på markvåning i respektive huskropp förbinder också våningsplanen med varandra. Sopnedkassen har brandklassade metalluckor på våningsplanen som måste öppnas manuellt för att slänga ned soporna.

## 12.2 Ventilationssystemet vid brand

Ventilationssystemet saknar styrning vid brand och vid uppkomst av brand fortsätter driften av ventilationssystemet oförändrat. Detta utgör en uppenbar risk för brandgasspridning mellan olika utrymmen via ventilationssystemet i brandens inledningsfas. Spridningen kommer inte att ske till intilliggande lägenheter och lokaler i samma våningsplan utan spridningen kommer i första hand att ske vertikalt till andra lokaler och utrymmen som ligger ovanför eller under brandutrymmet och därmed betjänas av samma ventilationskanal.

Tilluftssystemet är mest sårbart för brandgasspridning och det är via detta som brandgasspridning kan förväntas inträffa i brandens inledningsskede. Tumregeln för när brandgasspridning börjar är när trycket i det brandutsatta rummet är så pass högt att det inte sker något tilluftsflöde till det rummet. Definitionen av brandgasspridning via ventilationssystemet är att luftflödet till de rum som brandgaserna sprids till utgörs av brandgasflödet från det brandutsatta rummet. (Jensen, 1998)

Enligt BBRAD bör brandceller i verksamhetsklass 5B, som hänförs till skyddsnivå 1, tillåtas ha en brandgasspridning via ventilationssystemet som motsvarar 1 % av mottagande cellens volym.

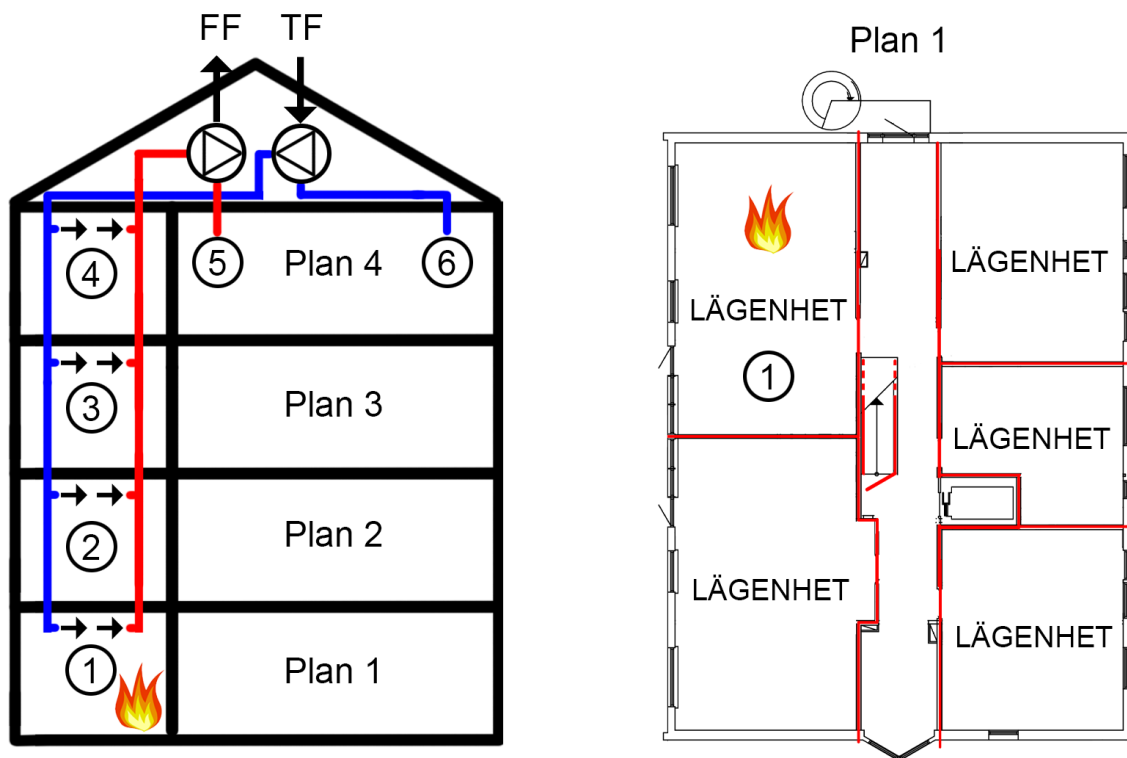
## 12.3 PFS

För att uppskatta risken för brandgasspridning via ventilationssystemet används datorprogrammet Program for Flow Systems, PFS. PFS är ett halvgrafiskt program vilket använder ett kodspråk för att beskriva ventilationssystem. Programmet itererar fram lösningar på tryck och flöden i kanaler (Gordonova, 2015a). Med hjälp av en framtagen fläktkurva och information från ventilationsritningar i *Bilaga A.2* ritas den principiella skissen av ventilationssystemet i *Figur 12.1* upp i programmet och brandgasspridning undersöks för placering av brand i lägenhet ett. För beräkningar av brandgasspridning via ventilationssystemet, se *Bilaga D*.

## 12.4 Brandens placering

Då brandgasspridning bedöms ske vertikalt via de rum som är anslutna till samma tilluftskanal placeras branden i en lägenhet på våningsplan ett då detta enklast orsakar spridning och ses som konservativt att räkna med enligt *Bilaga D*.

En principiell skiss av ventilationssystemet syns i *Figur 12.1* där branden är placerad på våningsplan ett i Hus 9. I figuren är tilluftskanalen blå och frånluftskanalen röd. Tilluftsfläkt benämns som TF och frånluftsfläkt som FF och båda är placerade på vinden enligt *Figur 12.1*. Inringade siffror ett till fyra står för de lägenheter som beaktas i flödessimuleringar av brandgasspridningen. Dessa lägenheter identifieras som de svagaste länkarna i ventilationssystemet och motiveras mer utförligt i *Bilaga D*. Inringade siffror fem och sex i *Figur 12.1* står för flöden till resten av byggnaden exklusive de fyra lägenheter som undersöks i simuleringar.



*Figur 12.1. Principiell skiss av ventilationssystemet och brandens placering vertikalt i byggnaden, samt horisontellt på våningsplanet. Bild: Fabian Ardin.*

Branden placeras i den lägenheten på våningsplan ett som har längst total kanalsträcka till fläkten på vinden. Denna brand syns i lägenhet ett i *Figur 12.1*. Total kanalsträcka består av både vertikalt och horisontellt grenad kanalsträcka. Brandcellsgränserna för våningsplan ett markeras med rött till höger i *Figur 12.1*. Eftersom lägenhet två till fyra ligger rakt ovanför lägenhet ett så har dessa våningsplan samma brandcellsindelning och lägenheterna ett till fyra är avsedda att utgöra egna brandceller.

## 12.5 Fläktkurva

Eftersom fläktkurva saknas för byggnaden tas en egen fläktkurva fram vilken används i simuleringarna. Tillvägagångssättet för att ta fram denna fläktkurva beskrivs i *Bilaga D*.

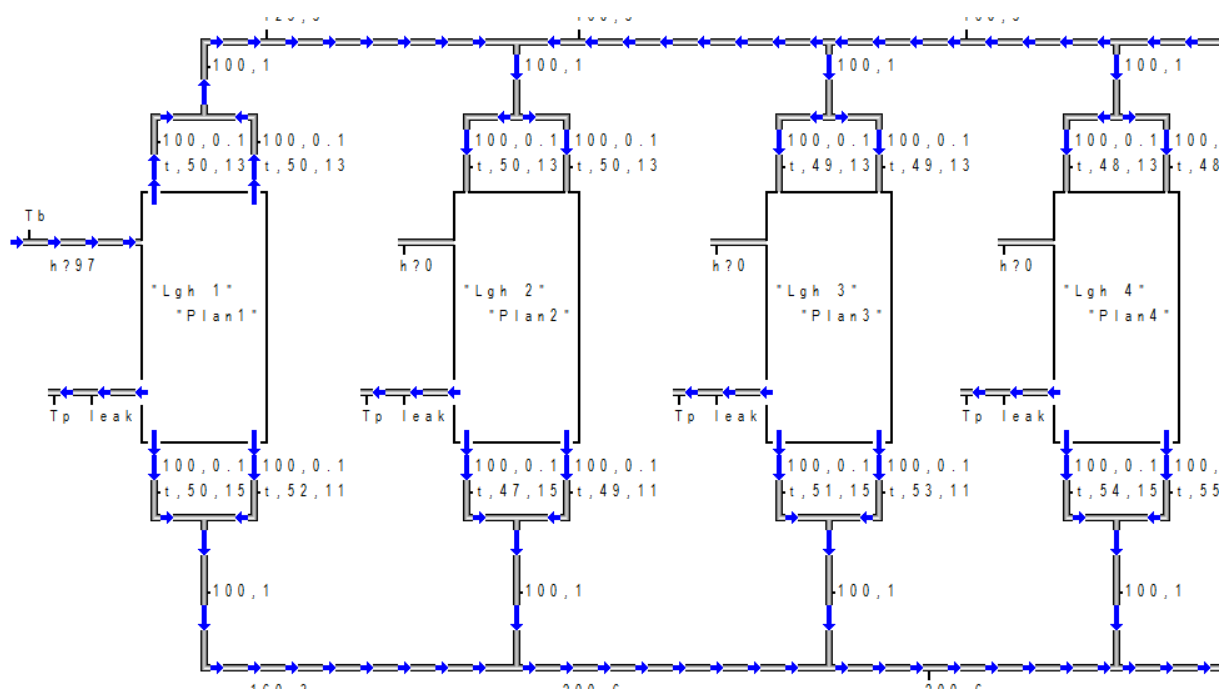
## 12.6 Resultat från simuleringar i PFS

Nedan redogörs för resultaten från de simuleringar som genomförts i PFS.

### 12.6.1 Gränsfall

Gränsfallet är då trycket i brandrummet är exakt lika stort som trycket från tilluften. Det minsta tryck och flöde då gränsfallet överskrids orsakar brandgasspridning.

Det brandflöde och brandtryck som orsakar brandgasspridning testas fram och blir cirka 100 liter/sekund vid 70 Pa för en brand i lägenhet ett. När gränsfallet överskrids sker brandgasspridningen endast till ovanliggande lägenhet två enligt *Figur 12.2* där blå pilar representerar flödesriktning. Som synes i *Figur 12.2* går flödet av brandgaser från lägenhet ett längst till vänster i figuren via ovanliggande tilluftskanal till lägenhet två. Flöde med riktning från höger i ovanliggande tilluftskanal utgörs av tilluftsflödet från tilluftsfläkt. Luftflöde med riktning från vänster i underliggande frånluftskanal utgörs av frånluftsflöde som styrs av frånluftsfläkt. Observera att lägenheterna i verkligheten inte ligger horisontellt från varandra utan vertikalt enligt principiell skiss i *Figur 12.1*. Notera även att brandgasspridning endast sker via ovanliggande tilluftskanal och ej via underliggande frånluftskanal.

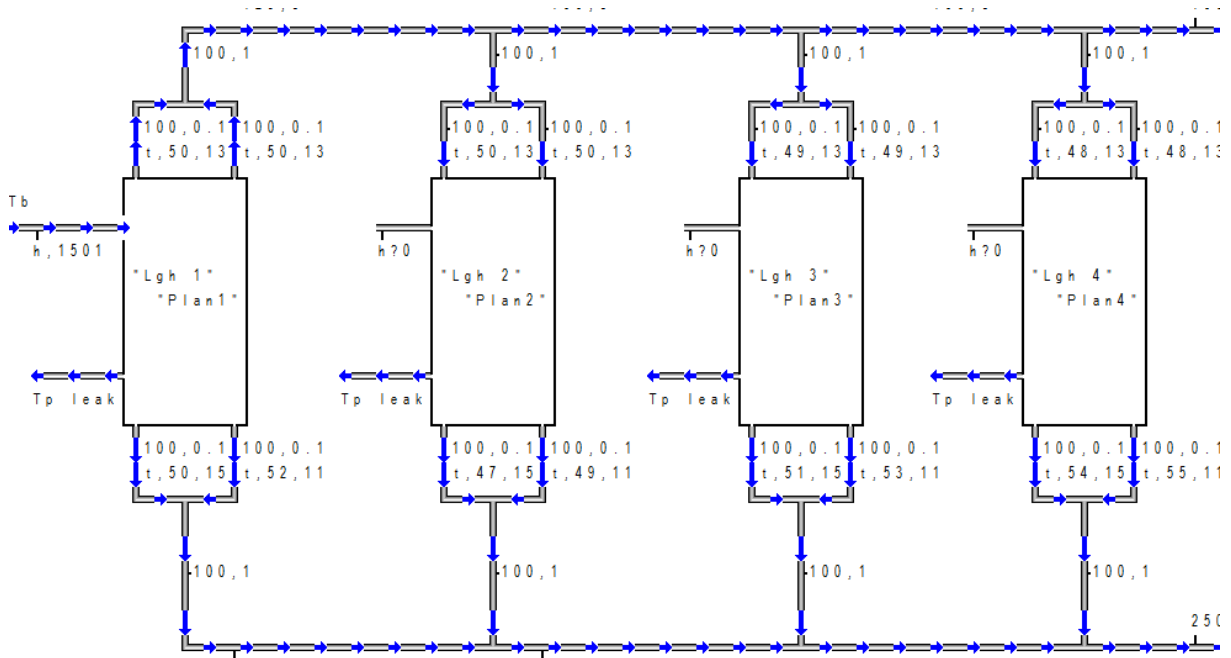


*Figur 12.2.* Figurens primära syfte är att visa flödesschemat vid överskridande av gränsfall för brandgasspridning i form av de blå pilarna medan siffror och beteckningar i *Figur 12.2* förklaras mer utförligt i *Bilaga D*.

### 12.6.2 Dimensionerande brandtryck

Dimensionerande brandtryck är det tryck från branden som rekommenderas för analytisk dimensionering enligt BBRAD (BFS 2013:12). Detta dimensionerande värde väljs eftersom det bedöms täcka in trycket från dimensionerande bränder i de scenarier som beaktas.

Dimensionerande brandtryck på 1500 Pa enligt BBRAD orsakar brandgasspridning från lägenhet ett till samtliga ovanliggande lägenheter på övriga våningsplan vilka är anslutna till samma vertikala tilluftskanal. Se *Figur 12.3* som visar flödet av brandgaser från lägenhet ett längst till vänster i figuren via ovanliggande tilluftskanal till samtliga lägenheter till höger i figuren.



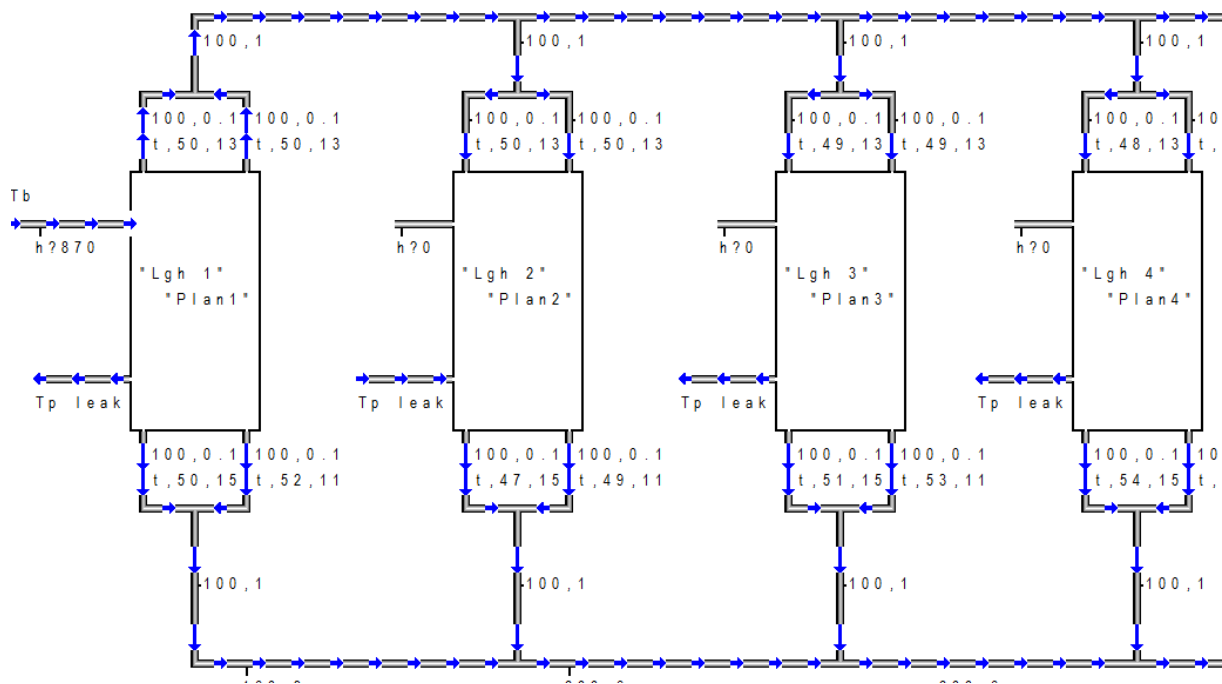
*Figur 12.3.* Figurens primära syfte är att visa flödesschemat vid dimensionerande brandtryck i form av de blå pilarna medan siffror och beteckningar i *Figur 12.3* förklaras mer utförligt i *Bilaga D*.

Temperatur vid frånluftsfläkten blir i simulering för dimensionerande brandtryck på 1500 Pa cirka 100 grader Celsius.

### 12.6.3 Dimensionerande brandflöde

Dimensionerande brandflöde är det flöde från branden som rekommenderas för analytisk dimensionering i BBRAD (BFS 2013:12). Detta dimensionerande värde väljs eftersom det bedöms täcka in flödet från dimensionerande bränder i de scenarier som beaktas.

Dimensionerande brandflöde beräknas enligt ekvation från BBRAD till 930 liter/sekund, vilket är för mycket för programmet att räkna med. Se *Bilaga D* för ekvation. Högsta möjliga brandflöde som programmet kan räkna med är 870 liter/sekund, vilket orsakar brandgasspridning till samtliga lägenheter anslutna till samma vertikala tilluftskanal som lägenhet ett. Se *Figur 12.4* som visar flödet av brandgaser från lägenhet ett längst till vänster i figuren via ovanliggande tilluftskanal till samtliga lägenheter till höger i figuren. Eftersom ett mindre flöde än dimensionerande orsakar brandgasspridning orsakar sannolikt även dimensionerande brandflöde spridning.

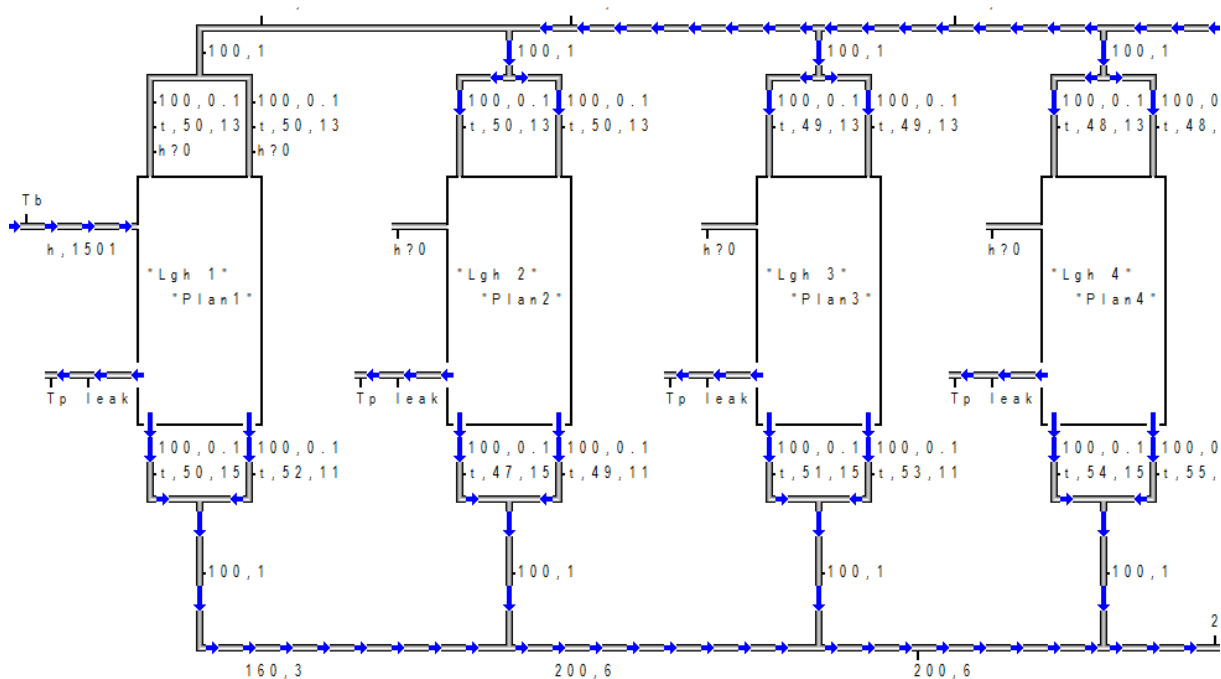


**Figur 12.4.** Figurens primära syfte är att visa flödesschemat vid högsta möjliga brandflöde på 870 l/s i form av de blå pilarna medan siffror och beteckningar i Figur 12.4 förklaras mer utförligt i Bilaga D.

Temperatur vid frånluftsfläkten blir i simulering för högsta möjliga brandflöde på 870 l/s cirka 150 grader Celsius.

## 12.7 Åtgärder för ventilationssystem

För att motverka brandgasspridning testas installation av backströmningsskydd i tilluftskanaler innanför tilluftsdonen till lägenhet ett. Dessa är utmärkta med h?0 i Figur 12.5. Som synes i Figur 12.5 sker inget brandgasflöde från tilluftskanalerna till lägenhet ett vid dimensionerande brandtryck, vilket innebär att det ej sker brandgasspridning från denna lägenhet.



**Figur 12.5.** Figurens primära syfte är att visa flödesschemat vid brand med backströmningsskydd i form av de blå pilarna medan siffror och beteckningar i Figur 12.5 förklaras mer utförligt i Bilaga D.

Backströmningsskydden fungerar enligt principen för en backventil, vilken öppnar vid tryck från ena riktningen men stänger vid tryck från motsatt riktning. I detta fall stänger backströmningsskydden vid brandgasflöde i motsatt riktning till tilluftsflödet, vilket är den vägen brandgasspridning sker.

Då temperaturen vid simuleringar av både dimensionerande brandtryck och högsta möjliga brandflöde överstiger 100 grader Celsius vid frånluftsfläkten bör det övervägas att installera en värmestålig fläkt alternativt koppla förbi fläkten vid brand.

Ytterligare åtgärder som inte testats i simulering i PFS redogörs för i Kapitel 17.

## 12.8 Känslighetsanalys

Känslighetsanalys utförs i begränsad utsträckning för simuleringar i PFS eftersom det bara finns två parametrar att variera och brandgasspridning bedöms ske oavsett då inga åtgärder för att motverka detta är vidtagna idag. De parametrar som används i simuleringar redovisas mer utförligt i Bilaga D och är tagna direkt från ventilationsritningar i Bilaga A.2 varför de inte är rimliga att variera. De parametrar som skulle kunna varieras är placeringen av branden och den fläktkurva som används. Motivering till varför brandens placering inte varieras är för att nuvarande placering bedöms som det mest konservativa fallet, vilket är det fallet som ska tas hänsyn till i PFS och om brandgasspridning motverkas i detta fall gör det även det för övriga fall (Gordonova, 2015a). Detta gör det onödigt att variera brandens placering eftersom den mest konservativa placeringen redan är vald.

Att variera fläktens kapacitet är också svårt eftersom det för arbetet inte finns tillgång till en korrekt fläktkurva vilket gör att den framtagna fläktkurvan som använts i simuleringar bedöms vara den mest rimliga. Eftersom den framtagna fläktkurvan är baserad på fläktkurvor för ett IV-aggregat vilka hämtas från katalog för ett antal olika storlekar på aggregat testas fläktkurvor för

de två storlekar på aggregat som ligger närmast att ge de totalflöden som byggnaden kräver. Dock ger båda fläktkurvorna mycket lika resultat i form av överskridande av gränsvärden för brandgasspridning, spridning vid dimensionerande brandtryck och temperatur vid frånluftsfläkten. Det bedöms därför inte som nödvändigt att variera fläktens kapacitet ytterligare då resultatet mellan de två fläktkurvor som testats är likartat och övriga storlekar på aggregat inte passar lika bra med det totalflöde som byggnaden kräver. Mer utförlig beskrivning av framtagen fläktkurva och de två fläktkurvor som testas i simuleringar finns i *Bilaga D*.

## 12.9 Diskussion

Brandens placering bedöms som det mest konservativa fallet då den placeras i lägenhet längst bort från fläkt och därmed bedöms vara svagaste länken i ventilationssystemet. Förhindras brandgasspridning från denna lägenhet förhindras även brandgasspridning från övriga lägenheter (Gordonova, 2015a) och därför bedöms andra placeringar av branden inte nödvändiga att undersöka.

Brandgasspridning kommer ske med den fläktkurva som tagits fram. Denna fläktkurva täcker in de totalflöden som byggnaden kräver, men stämmer inte exakt med befintlig kanalomslutning. Se *Bilaga D*. Detta gör att tryckfallen och flöden inte blir korrekta, men eftersom skillnaden mellan överskridande av gränsvärden och dimensionerande brandtryck och brandflöde är så pass stora ger framtagen fläktkurva ändå en tydlig indikation om att brandgasspridning kommer ske.

Då dimensionerande värden från BBRAD valdes för att testa systemet finns möjligheten att dessa värden inte stämmer överens med de tryck och flöden som orsakas av de dimensionerande bränder som tas fram för brandscenerierna. För att få en röd tråd genom de olika verktygen FDS och PFS hade trycket från FDS simuleringar kunnat användas för att testa systemet i de PFS simuleringar som genomförts.

Simuleringar i PFS visar att brandgasspridning kommer att uppstå vertikalt till de lägenheter vilka är anslutna till samma vertikala tilluftskanal som den brandutsatta lägenheten. Detta gäller både för dimensionerande brandtryck och högsta möjliga brandflöde. Brandgasspridning horisontellt inom respektive våningsplan har undersökts genom simuleringar i FDS i *Kapitel 9* av de brandscenerier som valts.



## 13 Samlad bedömning av brandscenarier

Nedan presenteras bedömning av resultat från de tre brandscenarierna. Bedömningen bygger på *Kapitel 10, 11 och 12*.

### 13.1 Bedömning av Brandscenario 1 – Brand i korridor

Simuleringen i FDS visar på att kritiska förhållanden nås i korridoren mycket snabbt, efter ett par minuter är en utrymning inte längre möjlig på det aktuella våningsplanet. Detta är rimligt eftersom brandbelastning och effektutveckling i korridorerna kan förväntas vara stora och volymen är liten vilket gör att korridoren snabbt fylls med brandgaser.

Det faktum att hissdörrar och hisschakt saknar särskild utformning för att minska konsekvenserna av brand gör att brandgaser riskerar att sprida sig mellan våningsplanen även fast trapporna är avskilda med självstängande brandklassade dörrar. Störst är risken för spridning till husets översta del om brand startar i den understa delen. Korridorerna på de olika våningsplanen ventileras också av samma ventilationskanal som saknar all form av styrning eller utformning för att minska konsekvenserna av brand. Detta kommer också bidra till att brandgasspridning riskerar att ske mellan våningsplanen.

### 13.2 Bedömning av Brandscenario 2 – Brand i lägenhet

Simuleringen i FDS visar på att kritiska förhållanden nås i korridoren utanför lägenheten mycket snabbt förutsatt att lägenhetsdörren står öppen, efter ett par minuter är en utrymning inte längre möjlig på det aktuella våningsplanet. Detta är rimligt eftersom brandbelastning och effektutveckling i lägenheterna kan förväntas vara stora och volymen utanför är liten vilket gör att korridoren snabbt fylls med brandgaser. Är lägenhetsdörren öppen blir brandförloppet likt det i brandscenario ett och problematiken med hissdörrar och hisschakt är applicerbar även här.

Är lägenhetsdörren stängd är risken särskilt stor för brandgasspridning via ventilationskanalerna. Spridning kommer att ske vertikalt till lägenheterna ovanför och nedanför eftersom dessa besörjs av samma ventilationskanal.

### 13.3 Bedömning av Brandscenario 3 – Brand i tvättstuga

Simuleringarna i FDS är något missvisande eftersom de inte tar hänsyn till när branden startar, utan när den tar fart efter omkring 16 minuter. Under de knappa 16 minuterna är det främst rökutveckling som sker. Om rökutvecklingen är stor i detta initialstadium kan rökdetektorn aktivera förhållandevis snabbt, men vid kraftig rökutveckling kan korridoren fyllas med brandgaser redan innan branden tagit fart och simuleringen börjat. När effektutvecklingen väl tar fart går det relativt fort innan kritiska förhållanden avseende höjd på brandgaslagret och sikt uppnås, även utan den potentiella rökfyllnaden under initialstadiet. Det tar längre tid innan de andra acceptans-kriterierna ej längre uppfylls.

Simuleringarna förutsätter att dörren till tvättstugan står öppen. I detta fall är slutsatsen om hissdörrarna och hisschakten även applicerbara på detta brandscenario. Det är osäkert exakt hur tvättstugan ventileras, då ventilationsritningar saknas, men spridningsrisk föreligger precis som för övriga brandscenarier.



## 14 Utrymningsscenarier

I detta kapitel redovisas antaganden, genomförande, beräkningar och resultat för utrymnings-scenarierna.

### 14.1 Utrymningsteori

Nedan presenteras olika faser och riktlinjer som gäller vid utrymning i händelse av brand.

#### 14.1.1 Utrymningsfaser

En utrymning består huvudsakligen av tre olika faser. De är varseblivningstid, förberedelsetid och förflyttningstid. De tre faserna summeras för att få den totala utrymningstiden. Om den totala utrymningstiden är högre än tiden till kritiska förhållanden vid brand visar det på att säker utrymning inte kan garanteras under rådande förutsättningar. Utrymningstiden kan beskrivas med *Ekvation 14.1*. (Brandskyddshandboken, 2014)

$$t_{utrymning} = t_{varseblivning} + t_{förberedelse} + t_{förflyttning} \quad \text{Ekvation 14.1}$$

#### 14.1.2 Varseblivningstid

Varseblivningstiden är den tid från att branden startar till dess att en person uppfattar vad som hänt. Detta kan vara den tid det tar för en detektor att detektera branden, varpå utrymningslarmet startar. Vid optimala förhållanden är varseblivningstiden noll, då en person ser eller hör branden, alternativt att personen känner röklukt, och förbereder sig direkt för utrymning.

#### 14.1.3 Förberedelsetid

Förberedelsetiden är den tid det tar från att en person blivit varse om att det brinner till dess att utrymning påbörjas. Detta kan exempelvis vara att avsluta en pågående aktivitet, men det kan också innefatta att varna och hjälpa personer i sin omgivning samt att samla ihop värdesaker och liknande. Förberedelsetiden är individuell för alla människor och omständigheter, vilket gör att antaganden får göras utifrån erfarenheter och tidigare försök.

#### 14.1.4 Förflyttningstid

Förflyttningstiden är den tid det tar från att en person blivit varse om branden samt förberett sig för utrymning. Denna fas innefattar all tid från det att utrymning påbörjas tills personen är på en säker plats. Parametrar som spelar in på förflyttningstiden är bland annat persontäthet, bredd och höjd (om utrymning sker via fönster) på utrymningsvägar samt huruvida personerna behöver assistans i exempelvis trappor. Vidare spelar lokalkännedom, nödbelysning samt hur väl utrymningsskyltar syns in.

### 14.2 Tillvägagångssätt

Utrymningsberäkningar simuleras i @Risk då de flesta befintliga datorprogram för utrymnings-simulering ej tar hänsyn till att de utrymmande behöver någon form av assistans. Vid försök med utrymningsprogrammet ERM ansågs resultatet orimligt, eftersom det enligt ERM skulle ta två minuter att utrymma ett våningsplan. I utrymningsberäkningarna tas det enbart hänsyn till tiden det tar att utrymma ett våningsplan.

Vissa parametrar i utrymningsberäkningarna antas genom att skatta hur lång tid exempelvis undersökningstiden vid larm är. Den kan till exempel bli förhållandevis lång eftersom dörren in till en lägenhet kan vara låst. Detta görs i @Risk där intervall sätts med fördelningar beroende på hur troligt det anses att det tar lång tid att utföra vissa uppgifter. Alla parametrar är således inte underbyggda med fakta, utan med så bra antaganden som möjligt. Ingående parametrar och resonemang kring dessa redovisas i *Avsnitt 14.4*. En sammanfattning av utrymningstiderna för samtliga scenarier redovisas i *Tabell 14.2*. Samtliga utrymningstider beräknas med antagandet att två vårdgivare hjälper en vårdtagare ut, då det vid försök på Blekingesjukhuset i Karlskrona (Gustafsson, M et al. 2004) visade sig att madrassutrymning var mycket fysiskt krävande för personalen. I ett tidigt skede togs en patient hand om av en i personalen, men det konceptet övergavs snabbt med anledning av att en vårdgivare inte orkade dra ut en vårdtagare ensam. De framräknade delmomenten i utrymningen jämförs med data från Frantzich (2000), Bryan (2002) och information från enhetschef Eva Johnsson på Västralid.

För att bättre underbygga exempelvis förflyttningstid på utrymningsmadrass genomförs några experiment där rapportskrivarna släpas på madrasser av två brandingenjörstudenter åt gången, se *Figur 14.1*. Detta var för att få en ungefärlig hastighet i en rak korridor och ner för en rak trappa. Utrymningssträckan från respektive lägenhet beräknas och divideras med medelhastigheten framtagen vid försök.

Utrymningssträckorna på Västralid redovisas i *Tabell E.1* och *Figur E.1* i *Bilaga E*. Vid försöket tas ingen hänsyn till eventuell problematik vid passage av dörrar.

### 14.3 Utrymningsberäkningar

Experimentet utförs eftersom ingen information om utrymningshastighet med madrass finns att tillgå. Testet utförs med en madrass, en vårdtagare och två vårdgivare. Utrymningshastigheten beräknas fram med hjälp av tid och sträckan som madrassen släpas. Experimentet utgörs av två separata moment, dels genom en 20 meter lång korridor och dels 6,9 meter nerför en trappa.

Experimentet utförs av kvinnliga försökspersoner eftersom majoriteten av personalen på Västralid är kvinnor. Försöket utförs ett antal gånger och en medelhastighet beräknas fram för att få ett så representativt värde som möjligt. Resultat från experimentet redovisas i *Tabell 14.1*.

*Tabell 14.1. Resultat från utrymningsförsök med madrass.*

Försök	Plats	Sträcka [m]	Tid [s]	Hastighet [m/s]	Medelhastighet [m/s]
1	Korridor	20	26,7	0,75	<b>0,765</b>
2	Korridor	20	25,6	0,78	
3	Trappa	6,9	30,4	0,23	<b>0,285</b>
4	Trappa	6,9	20,4	0,34	



*Figur 14.1. Utrymningsförsök med madrass. Fotografi: Andreas Håkansson.*

Utifrån försöken beräknades medelhastigheten för respektive försök. Medelhastigheten var 0,765 m/s i korridoren och 0,285 m/s i trappan. En annan slutsats var att övning ger färdighet, eftersom det andra försöket i respektive scenario tog kortare tid än det första. Vårdgivarna ansåg att korridoren var den jobbigaste platsen eftersom gravitationen assisterar till viss del när vårdtagaren släpades ner för trappan.

#### **14.4 Antagna utrymningsparametrar**

Nedan redovisas antagen tid för respektive parameter. Samtliga parametrar har försetts med trolig fördelning och summeras. Summan av samtliga parametrar blir den totala utrymnings-tiden. För den kortaste utrymningstiden summeras de lägsta värdena i samtliga parametrar, och för den längsta utrymningstiden summeras de mest konservativa antagandena i fördelningarna.

**Detektionstid:** Bedöms till knappt två minuter enligt DETACT.

**Kvittering av larm:** Den maximala kvitteringstiden innan räddningstjänst larmas automatiskt är 60 sekunder enligt larmlagringsorganisationen på Västralid, dock antas tiden vara uniformt fördelad mellan en halv och en minut.

**Undersökningstid:** Efter kvittering av larm har personalen nio minuter på sig att undersöka om det brinner eller inte, också enligt larmlagringsorganisationen. Tiden att identifiera larmets position vid centralapparaten till förflyttning till aktiverad detektor antas mest trolig att vara två

minuter beroende på objektets utformning. Undersökningstiden kan även ta kortare tid vid kort avstånd till aktiverad detektor, men också förhållandevis lång tid då exempelvis en lägenhetsdörr kan vara låst och nyckel behöver hämtas. Undersökningstiden är triangelfördelad med en minut som kortast tid, två minuter som mest troliga tid och 9 minuter som längsta tid.

**Personal resonerar:** Tiden för personal att resonera med varandra om vilka åtgärder som ska vidtas antas vara uniformt fördelad mellan en halv och en minut.

**Släckförsök:** Tiden för släckförsök antas vara uniformt fördelad mellan en och två minuter. Med i antagandet är att en brandsläckare ska hämtas och användas fullt ut, och att personalen möjligtvis hämtar ännu en brandsläckare för att förbättra släckförsöket.

**Beslut om utrymning:** Tiden för beslut om utrymning antas att vara uniformt fördelad mellan en och fem minuter beroende på exempelvis tid på dygnet, strategi för utrymning och tiden det tar att få samtlig personal involverad i utrymningen. Exempelvis kan beslut om utrymning förväntas dröja om det är nattetid, väldigt kallt ute och liknande.

**Lokalisera person:** Tiden att lokalisera person antas vara lognormalfördelad. Lokaliseringstiden är noll då personen påträffas under undersökningstiden samt under nattetid där två i personalen utrymmer en boende och en personal stannar kvar och förbereder utrymning av nästa boende. Ett väntevärde på 20 sekunder med tio sekunder standardavvikelse antas vara rimligt i de fall där lokaliseringstiden ej är noll sekunder.

**Underrätta och övertala:** Tiden för att underrätta och övertala en boende inför utrymning antas vara uniformt fördelad mellan fem och 60 sekunder beroende på den boendes samarbetsvilja.

**Lägga person på madrass:** Tiden att lägga en person på en madrass vid utrymning antas ha en stor variation tidsmässigt beroende på vårdtagarens position i våningsplanet. Nattetid är tiden noll sekunder då vårdtagaren redan ligger i sin madrass, men under dagtid antas tiden vara lognormalfördelad med en minut som väntevärde och tio sekunder standardavvikelse.

**Spänna fast och lyfta ner:** Tiden för att spänna fast en boende och lyfta ner den från sängen antas vara uniformt fördelad mellan tio och 50 sekunder beroende på vårdtagarens samarbetsvilja.

**Beslut om utrymningsväg:** Tiden antas vara uniformt fördelad mellan noll och tio sekunder beroende på personalens lokalkännedom samt vilken väg som anses lämplig med tanke på brandens position.

**Ommöblering:** Tiden för ommöblering är satt till noll sekunder då vårdgivarna antas välja den raka, invändiga trappan för utrymning. Spiraltrappan blir aldrig aktuell då den ej fyller någon egentlig funktion. Det går inte att utrymma våningsplanen ovanför branden invändigt om en korridor rökfylls.

**Förflyttning:** Förflyttningen av vårdtagarna kan ske med hjälp av vårdpersonalen eller via räddningstjänstens höjdfordon. Tiden för förflyttningen antas vara normalfördelad i olika etapper såsom genom korridor och ner för trappa. Tiden för utrymning med räddningstjänstens höjdfordon antas vara uniformt fördelad mellan 30 och 45 minuter.

## 14.5 Resultat utrymningstider

Nedan redovisas den totala utrymningstiden för samtliga scenarier. Tiden presenteras som genomsnittstid samt ett 95-procentligt konfidensintervall vilket visar tidvariationen för utrymning av ett våningsplan.

Tabell 14.2. Utrymningstider för samtliga scenarier.

Brand i lägenhet	Genomsnittstid [min]	95-procentigt konfidensintervall [min]
Dörr öppen, dagtid	25	21-30
Dörr stängd, dagtid	21	17-25
Dörr stängd, nattid	17	15-20
<b>Brand i korridor</b>		
Mattid dagtid	17	12-23
Ej mattid, dagtid	52	45-59
Ej mattid, nattid	52	45-59
<b>Brand i tvättstuga</b>		
Dörr öppen, dagtid	52	45-59
Dörr öppen, nattid	52	45-59
Dörr stängd	<i>Utrymning ej nödvändig</i>	-

## 14.6 Diskussion av utrymningsscenarier

Som utrymningstid beräknas tiden det tar att utrymma våningsplan ett. Anledningen till detta är att om det brinner på det våningsplanet blir resten av våningsplanen avskurna, vilket leder till att en brand på våningsplan ett anses vara mest kritisk. Vidare bedöms räddningstjänsten hinna fram till Västralid under den tid det tar att utrymma ett våningsplan, varpå de kan inleda släckning och/eller assistera vid utrymning.

Vid simuleringarna i @Risk görs antaganden kring vissa av parametrarna medan andra är väl underbyggda. Ett exempel på detta är undersökningstiden. Där görs antaganden kring kortast möjliga och mest troliga tid till undersökning, medan längsta möjliga tid är den tid personalen på Västralid faktiskt har på sig att undersöka. Detta påverkar givetvis resultatet, men antagandena anses inte orimliga. Känslighetsanalys kring de ingående parametrarna redovisas i *Bilaga E*. Samtliga antaganden, förutom de som är satta till noll sekunder, är tagna i intervall med olika fördelningar eftersom det anses mest förtroligt.

Utrymningstiden för Brandscenario 3 är högre än för de andra två scenarierna, trots att samma personantal väntas utrymma från samma våning i alla tre scenarierna. Detta beror på att i utrymningssimuleringen har det i varseblivningstiden räknats med att två detektorer i korridoren har utlöst, varpå korridoren redan är rökfylld när utrymning ska påbörjas. Korridoren på markplan är den enda vägen till de övre våningsplanen, varpå de inte går att nå invändigt. Detta omöjliggör för vårdgivare att initiera utrymning, varpå utrymning med räddningstjänstens

höjdfordon krävs. Efter försök i Karlshamn (Räddningsverket, 2001) är det en tidskrävande process att utrymma funktionsnedsatta med höjdfordon.

Framräknade utrymningstider anses troliga efter konsultation med enhetschef Eva Johnsson som uppgav att utrymningsövningar tar ca 10 minuter per våningsplan, exklusive tid för iordningsställande av utrymningsväg och larmkivering. Under sommartid befinner det sig alltid minst en av ordinarie anställd på Västralid, medan resten kan vara sommarvikarier. Detta kan påverka utrymningen negativt eftersom sommarvikarierna förmodligen har mindre erfarenhet av utrymning.

Enligt Frantzich (2000) är tiden från att larmet går igång till dess att förflyttningen startar mer än åtta minuter för sjukhem, vårdhem och liknande, vilket ger stöd åt gjorda antaganden då det simulerade intervallet för denna tid uppgår till mellan åtta till knappt 15 minuter. Vidare är enligt Bryan (2002) en förberedelsetid på mellan fem och åtta minuter rimlig för vårdhem, vilket stödjer den simulerade förberedelsetiden som i medel är knappt 320 sekunder, det vill säga nästan fem och en halv minut.

Utifrån försöket med utrymning med madrass uppmärksammades en mängd svårigheter. Personerna som utförde försöket reagerade på den tunga belastningen av att släpa madrassen, samt att övning ger färdighet. Utifrån detta kan slutsatsen dras att en person som inte tränat på detta varken kommer hinna eller orka utrymma ett våningsplan. Ytterligare svårigheter som kan uppstå vid invändig utrymning är dörrarna med dörrstängare samt grindarna. Passage vid dessa skulle kunna innebära att madrassen kläms och utrymningen kräver mer tid. Dessa eventuella problem är inte medräknade i utrymningstiden vilket skulle kunna innebära att tiden är en aning optimistiskt beräknad, å andra sidan görs konservativa antaganden om parametrarna.

## 14.7 Känslighetsanalys

Efter beräkning av utrymningstider görs en känslighetsanalys på varje scenario för att få reda på vilken parameter som påverkar resultatet mest. Det visade sig att det är undersökningstiden som har högst påverkan på den slutliga utrymningstiden, se figurer i *Bilaga E.1*. Denna tid skulle möjligtvis kunna kortas ner, exempelvis genom att information om vilken detektor som utlöst skickas till personalens mobiltelefoner och göra larmkivering via mobiltelefon tillgänglig. Detta skulle leda till att samtliga i personalen inte behöver springa ner till brandlarmscentralen, utan de kan fortare ta sig till det brandutsatta utrymnet. Att personalen inte har en huvudnyckel som leder till samtliga lägenheter är också tidskrävande, eftersom vissa vårdtagare kan ha dörren låst under nattetid. Att springa ner och hämta en nyckel till den brandutsatta lägenheten kostar onödig tid som inte alltid finns tillgänglig i händelse av brand.



## 15 Jämförelse av brand- och utrymningsscenarier

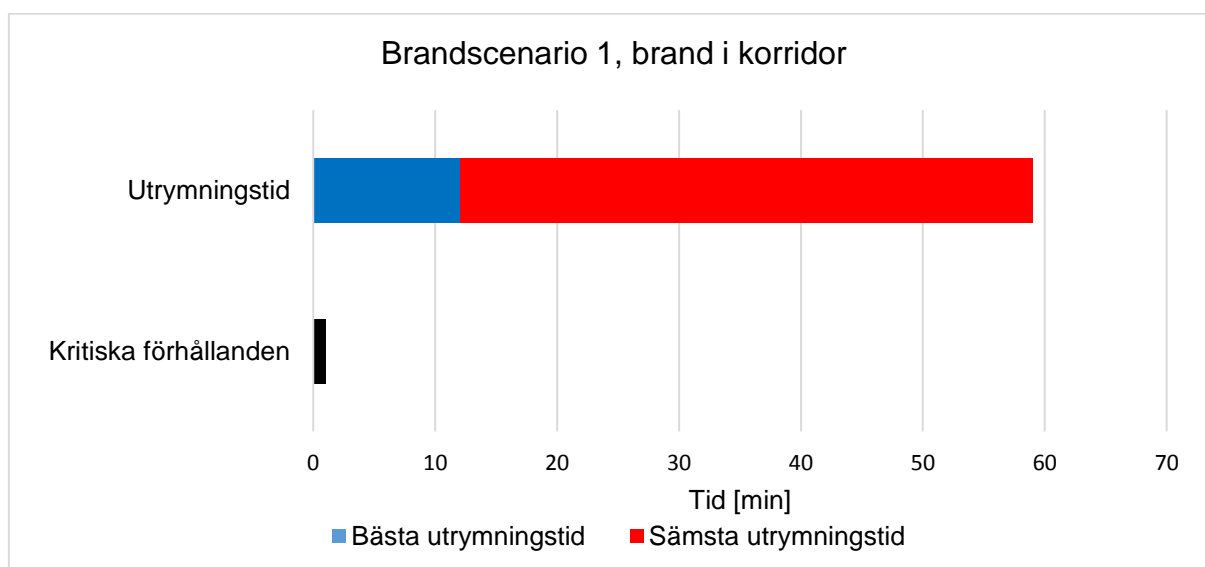
I detta kapitel jämförs resultat från beräkningar av utrymning av ett våningsplan och tid till kritiska förhållanden.

### 15.1 Brandscenario 1 – Brand i korridor

I *Figur 15.1* redovisas en jämförelse av utrymningstiden med tiden till att kritiska förhållanden uppnås vid brand i korridor. Utrymningstiden överstiger tiden till kritiska förhållanden vilket kommer medföra att en säker utrymning ej är möjlig. Kortast möjliga utrymningstid är enligt simuleringarna i @Risk cirka 12 minuter. Kritiska förhållanden, se *Tabell 15.1*, för utrymning uppnås efter mindre än en minut, varefter utrymning ej kan ses som säker.

*Tabell 15.1. Tid till acceptanskriterier för säker utrymning ej längre uppfylls.*

Kriterium	Tid till kritiska förhållanden
<b>Brandgaslagrets höjd</b> < 1,80 m	< 1 minuter
<b>Siktbarhet</b> < 5 m	< 1 minuter
<b>Temperatur</b> > 80°C	< 1,5 minuter
<b>Värmestrålning</b> > 2,5 kW/m <sup>2</sup>	<i>Ej beräknad</i>
<b>Toxicitet</b> CO > 2000 ppm CO <sub>2</sub> > 5% O <sub>2</sub> < 15%	< 2 minuter < 2 minuter < 2 minuter



*Figur 15.1. Utrymningstid för våningsplan ett kontra tid till kritiska förhållanden vid brand i korridor.*

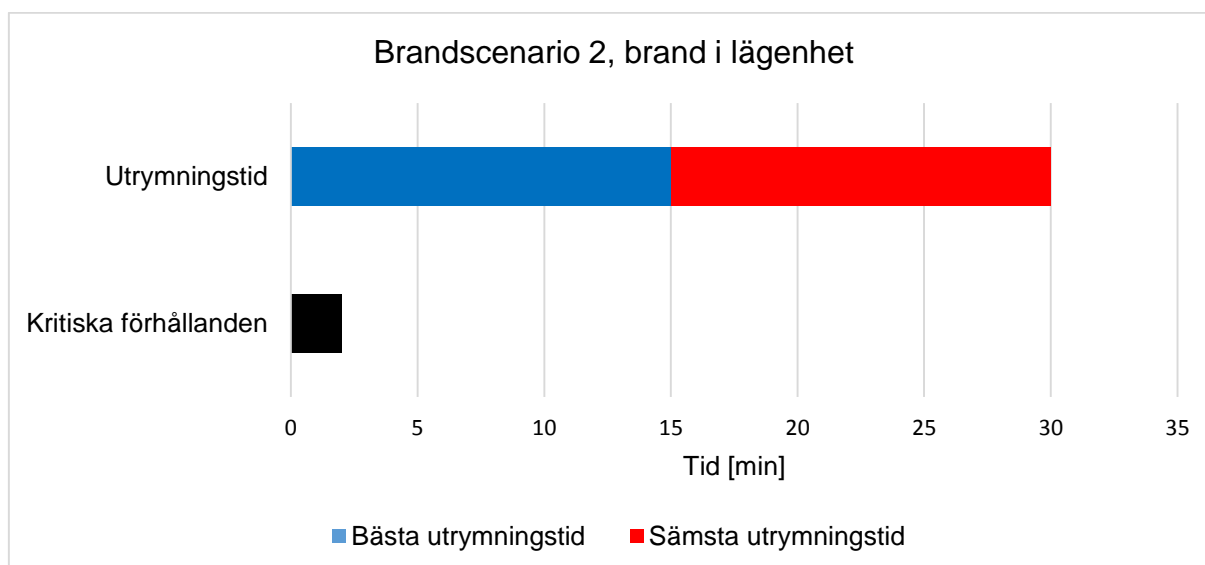
## 15.2 Brandscenario 2 – Brand i lägenhet

I *Figur 15.3* redovisas en jämförelse av utrymningstiden med tiden till att kritiska förhållanden. Utrymningstiden överstiger tiden till kritiska förhållanden vilket kommer medföra att en säker utrymning ej är möjlig. Enligt simuleringarna i @Risk är kortast möjliga utrymningstid för hela våningsplanet cirka 15 minuter. Kritiska utrymningsförhållanden uppnås efter mindre än två minuter, se *Tabell 15.2*, eftersom kriterierna för brandgaslagrets höjd och siktbarheten då ej längre är uppfyllda.

Beräkningarna för kritiska förhållanden är under förutsättning att dörren ut till korridoren är öppen. Vid stängd dörr blir brandgasspridningen avsevärt lägre, vilket underlättar utrymning från resten av våningsplanet.

*Tabell 15.2. Tid till acceptanskriterier för säker utrymning ej längre uppfylls.*

Kriterium	Tid till kritiska förhållanden
<b>Brandgaslagrets höjd</b> < 1,80 m	< 2 minuter
<b>Siktbarhet</b> < 5 m	< 2 minuter
<b>Temperatur</b> > 80°C	< 3 minuter
<b>Värmestrålning</b> > 2,5 kW/m <sup>2</sup>	<i>Ej beräknad</i>
<b>Toxicitet</b> CO > 2000 ppm CO <sub>2</sub> > 5% O <sub>2</sub> < 15%	<i>Uppnås ej i simuleringen</i> 3,5 minuter 3 minuter



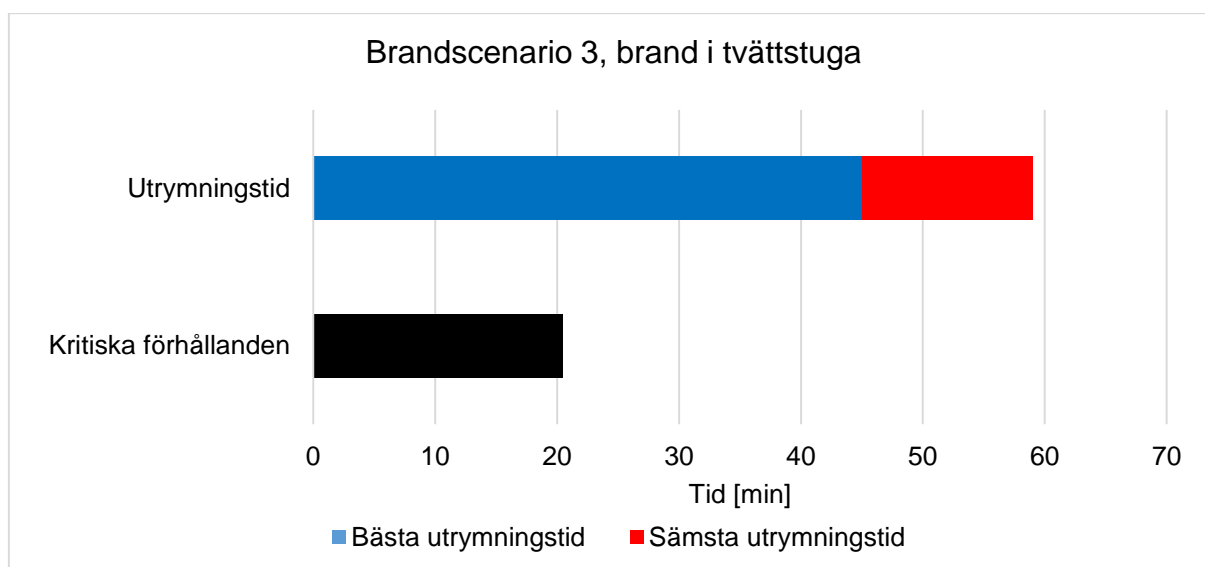
*Figur 15.2. Utrymningstid för våningsplan ett kontra tid till kritiska förhållanden vid brand i lägenhet.*

### 15.3 Brandscenario 3 – Brand i tvättstuga

I *Figur 15.3* redovisas resultatet från utrymningsberäkningar i @Risk kontra tidsberäkningar till kritiska förhållanden. Utrymningstiden överstiger tiden till kritiska förhållanden vilket kommer medföra att en säker utrymning ej är möjlig. Anledningen till att bästa utrymningstid vid brand i tvättstuga är 45 minuter är att brandgaserna skär av korridoren på bottenplan vilket omöjliggör invändig utrymning från den byggnaden. Vårdtagarna är då beroende av räddningstjänstens höjdfordon för utrymning, vilket i försök gjorda i Karlshamn (Räddningsverket, 2001) visade sig vara tidskrävande även när alla boende befann sig på samma våning och utrymdes via samma balkong, se *Avsnitt 4.3*. Tiden till kritiska förhållanden är osäker eftersom det sker rökutveckling en tid innan branden tar fart, men det tas inte hänsyn till detta i simuleringarna. Tiden till att utrymma ett våningsplan blir lägre om utrymning är möjlig under tiden det endast sker rökutveckling.

*Tabell 15.3. Tid till acceptanskriterier för säker utrymning ej längre uppfylls.*

Kriterium	Tid till kritiska förhållanden
<b>Brandgaslagrets höjd</b> < 1,80 m	< 18,5 minuter
<b>Siktbarhet</b> < 5 m	< 18,5 minuter
<b>Temperatur</b> > 80°C	< 26 minuter
<b>Värmestrålning</b> > 2,5 kW/m <sup>2</sup>	<i>Ej beräknad</i>
<b>Toxicitet</b> CO > 2000 ppm CO <sub>2</sub> > 5% O <sub>2</sub> < 15%	< 27 minuter < 30 minuter < 30 minuter



*Figur 15.3. Utrymningstid för ett våningsplan kontra tid till kritiska förhållanden vid brand i tvättstuga.*

## 15.4 Diskussion och slutsats

Kritiska förhållanden kommer uppnås långt före utrymningstiden i samtliga fall vilket innebär att tillfredställande utrymning inte är möjlig med byggnadens nuvarande utformning. Det mest kritiska scenariot är brand i korridor eftersom kraven för acceptabel utrymningsmiljö bryts efter mindre än en minut vilket innebär att utrymning inte kan ske invändigt i huskroppen. Även de två övriga scenarierna omöjliggör invändig utrymning efter cirka två minuter vilket inte spelar roll eftersom den bästa utrymningstiden är cirka 12 minuter. Invändig utrymning kan ske vid brand i lägenhet samt tvättstuga då dörr stängs vilket förhindrar brand- och brandgasspridning i korridoren i 30 minuter. Uppstår brand i korridoren kan utrymningen endast ske via räddningstjänstens höjdfordon då personalen förflyttat alla vårdtagare till egen brandcell på våningsplanet, exempelvis en lägenhet, men det är högst orimligt då detta måste ske på mindre än en minut.

Den bästa utrymningstiden är några minuter kortare för Brandscenario 1 än för Brandscenario 2, se *Figur 15.1* och *Figur 15.2*. Detta beror på att i Brandscenario 1 antas ett utrymningsscenario där samtliga vårdtagare befinner sig i matsalen, samtidigt som det finns sex vårdgivare att tillgå för utrymning. Vid Brandscenario 2 antas samtliga vårdtagare befinna sig i sina respektive lägenheter, vilket leder till att tiden blir något högre.

Den sämsta utrymningstiden för Brandscenario 1 är avsevärt längre än för Brandscenario 2. Det beror på att utrymning ej kan inledas om hela korridoren är rökfylld. Vårdtagarna är då beroende av räddningstjänstens höjdfordon för utrymning, vilket leder till att utrymningen kan ta upp till en timme för ett våningsplan.

Vid Brandscenario 3 sker främst rökutveckling i ungefär 16 minuter. Detta leder till att utrymningen möjligtvis hade kunnat initieras tidigare, utan att personalen behöver vänta på räddningstjänsten. Vid simuleringarna tas endast hänsyn till hur brand och brandgaser beter sig efter att branden har tagit fart. Rökutvecklingen kan möjligtvis förhindra utrymning redan innan branden tar fart. Runt simulering och resultat rörande samtliga brandscenarier råder det stora osäkerheter, vilket medför att tiderna enbart ska ses som riktmärken.

Uppstår något av brandscenarierna kan utrymning varken ske via de invändiga trapporna eller spiraltrappan av valfritt våningsplan ovan. Detta eftersom utgångarna vid spiraltrappan ej går att öppna utifrån av personal utan de måste då invänta räddningstjänstens höjdfordon för utrymning.

## 16 Slutsatser av nuvarande brandskydd

Brandskyddet på Västralid anses vara undermåligt ur ett byggnadstekniskt perspektiv. Anledningarna till detta är i första hand att brandcellsgränserna inte är utförda på ett tillfredsställande sätt. Våningsplanen är avskilda från varandra med självstängande brandklassade dörrar i anslutning till trapporna i alla tre huskroppar, detta i sig är bra eftersom ett avskilt trapphus i egen brandcell saknas. Dörrarna förhindrar och fördröjer den värsta brandgasspridningen mellan våningsplanen. Problemet är dock att hissdörrarnas och hisschaktens nuvarande utformning innebär att brandgaser riskerar att sprida sig mellan våningsplanen denna väg. Detta innebär att våningsplanen inte är avskilda på ett tillfredsställande sätt.

Vidare saknar ventilationssystemet skydd mot brandgasspridning och vid en eventuell brand riskerar brandgaser att sprida sig inom den brandutsatta huskroppen i det tidiga brandförloppet. Spridningen kommer framför allt att ske vertikalt i huskroppen. Det vill säga, brinner det i en lägenhet är det lägenheterna omedelbart ovanför och under som är mest utsatta eftersom dessa försörjs av samma ventilationskanal.

Det bristfälliga ventilationssystemet och den bristfälliga utformningen av hissdörrar och hisschakt innebär i praktiken att varje huskropp är att betrakta som en enda brandcell.

Dörrstängare saknas till samtliga bostadslägenheter men de är utrustade med brandklassade dörrar. Samtliga gemensamma kök har dock inte brandklassade dörrar. Korridorerna på våningsplanen är att betrakta som utrymningsvägar och dessa ska därför hållas fria från brännbara och otympliga föremål. I nuläget används dock korridorerna som dagrum och en stor mängd möbler, föremål och liknande finns i dessa. Detta strider mot 2 kap. 2 § i LSO och 76 § i AFS (2009:2). I en korridor observerades dessutom sopsortering som till allt av döma verkade vara där permanent, vilket strider mot 2 kap. 2 § i LSO.

Utrymningsmöjligheter för hyresgästerna är begränsade och dessa kräver assistans vid en utrymning. Personalens insats är därför av stor vikt för utrymningen och personalens erfarenhet, tid på dygnet och tillgång till utrustning för utrymning har stor påverkan på utrymningsförloppet. Att byggnaderna är utförda i fyra eller fem våningsplan är olyckligt eftersom att detta kraftigt försvårar och fördröjer en eventuell utrymning. För att förbättra utrymningsmöjligheterna har spiraltrappor installerats på varje huskroppss kortsida. En brand på något av våningsplanen riskerar att mycket snabbt fylla korridoren på det aktuella våningsplanet med brandgaser. Eftersom trapphus i avskild brandcell saknas innebär detta att våningsplanen ovanför helt spärras av och bara kan nå utifrån via spiraltrappan. Problemet är dock att dörrar och fönster ej går att öppna utifrån. Spiraltrappans funktion som utrymningsväg, både för utrymning på egen hand för de boende och för assisterad utrymning, anses vara mycket begränsad. Vid en allvarligare brand är sannolikheten stor att den aktuella huskroppen måste utrymmas med räddningstjänstens hjälp via fönsterutrymning.

Jämförelse av resultat från simulering av brand- och utrymningsscenarierna bekräftar att tiden till kritiska förhållanden i utrymningsvägarna troligen är mycket mindre än tiden det tar att utrymma byggnaden vid brand. Det är viktigt att påpeka att beräkningarna är behäftade med osäkerheter.

Det systematiska brandskyddsarbetet på Västralid bedöms vara bra. Ett brandskyddsombud finns och personal har utbildning och övar regelbundet. Vid platsbesöket gavs också intrycket att personalen var insatta i och medvetna om riskerna med bränder. Utrymningsplaner och vägledande markeringar i husen är bra och tydliga och bedöms uppfylla de krav som finns i föreskrifter. Brandsläckare finns på en mängd ställen i hela huset och dessa underhålls av ett externt företag. Val av släckmedel anses vara bra med skum i korridorer, koldioxid vid elcentraler och pulver i fläktrum.

Hade byggnaderna uppförts idag hade de brutit mot en rad föreskrifter i BBR. Dessutom finns numera krav på boendesprinkler enligt BBR21. Detta är en betydligt högre skyddsnivå än den nuvarande på Västralid.

Sammanfattningsvis kan konstateras att brandskyddet ej är tillfredsställande, det är framför allt det byggnadstekniska brandskyddet som är undermåligt och utrymningsmöjligheterna för de boende som är begränsade. Kombinationen av det faktum att varje huskropp i praktiken utgör en enda brandcell, den stora mängden brännbara föremål i korridorer, avsaknad av dörrstängare och brandklassade dörrar till gemensamma kök och det mycket begränsade utrymningsmöjligheterna för hyresgästerna gör att risken för att brand uppkommer och dessutom får allvarliga konsekvenser bedöms vara stor.

Åtgärdsförslag för att komma till rätta med problematiken ges i *Kapitel 17*.

## 17 Åtgärdsförslag

Eftersom verksamheten är planerad att upphöra under 2016 anses det inte rimligt med stora ingrepp i det byggnadstekniska brandskyddet, även om det hade varit nödvändigt för att uppnå den skyddsnivå som idag ställs i BBR21. Nedan ges åtgärdsförslag som ändå bedöms nödvändiga, rimliga och konstandseffektiva och därför ska utföras för att brandskyddet ska anses vara skäligt av författarna. Därefter följer åtgärdsförslag som bör utföras för att ytterligare utöka brandskyddet. Sist i kapitlet avhandlas alternativa åtgärdsförslag som inte bedöms rimliga och kostnadseffektiva att genomföra.

Följande åtgärder ska vidtas för att brandskyddet ska anses vara skäligt:

- Ventilationssystemet *ska* åtgärdas för att förhindra brandgasspridning.
- Korridorer på våningsplanen i huskropparna *ska* hållas helt fria från möbler, sopsortering och andra föremål.
- Om korridorerna ska brukas som dagrum *ska* dessa avskiljas med en brandklassad vägg och brandklassad dörr, gärna magnetuppställd med automatisk stängning vid detektion av brand.
- Dörrstängare *ska* installeras på samtliga dörrar som vetter ut mot korridorerna i huskropparna. Dessa dörrar *ska* också vara brandklassade.
- Magnetdörrarna på markvåningen *ska* ses över för att försäkra att dessa fungerar tillfredsställande.

Följande åtgärder bör vidtas för att uppnå ett utökat brandskydd:

- Spiraltrapporna *bör* bytas ut mot raka och breda trappor med väl tilltagna vilplan som är bättre anpassade för utrymning.
- Rökdetektorer *bör* installeras i utrymmen där sådana saknas i nuläget, detta innefattar bland annat förråd och soprum.
- Nödbelysning *bör* installeras i korridorerna.
- Gemensam plats för rökning *bör* anvisas. Vårdtagare *bör* ha rökförkläde på sig vid rökning.
- Spisvakt *bör* installeras på spisar.
- Samtliga vårdgivare *bör* ha en huvudnyckel som går till samtliga lägenheter.
- Information om vilken detektor som utlöst *bör* skickas till vårdgivarnas mobiltelefoner, samt möjligheten att kvittera larm.

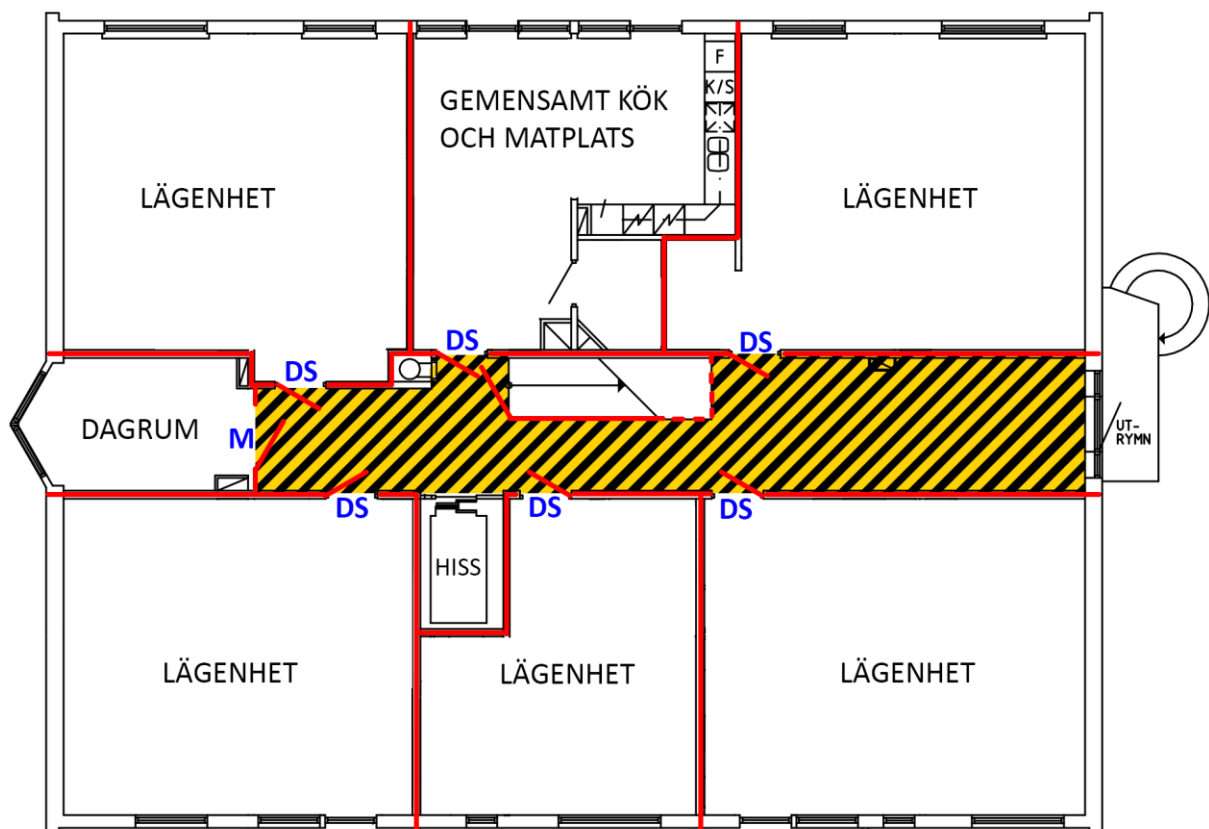
Åtgärderna förklaras i detalj och utvärderas i resterande del av detta kapitel.

## 17.1 Åtgärder som ska vidtas

Nedan förklaras de åtgärder som presenterades i punktlistan med ska-krav ovan. Byggnaden bedöms få ett skäligen brandskydd om föreslagna åtgärder genomförs. Det är av stor vikt att förstå att dessa åtgärdsförslag endast fungerar i kombination med varandra och inte som fristående åtgärder. Vid införande av dessa åtgärder anses inte hisschaktet behöva åtgärdas då korridorerna på samtliga våningsplan verkar som en brandcell förbundet med hisschaktet och hissen enbart betjänar denna brandcell. Dessutom har all brandbelastning från brandcellen avlägsnats.

Enligt Boverket behövs inte bygglov för en ändring av rumsindelningen som inte medför en större ändring av planlösningen (Boverket, 2015). Åtgärdsförslaget om att avskilja dagrum som egen brandcell bedöms därmed inte kräva bygglov. Om bygglov hade fordras skulle byggnaden behöva uppfylla nuvarande bygglagstiftning. Detta hade gjort att byggnaden skulle behöva automatiskt släcksystem såsom boendesprinkler om åtgärdsförslaget utförs (BFS 2014:3).

Se *Figur 17.1* för illustration av åtgärdsförslag.



**Figur 17.1.** Exempel på våningsplan med åtgärdsförslag. Det är kritiskt att det svart-gula området hålls fritt från brännbara möbler och föremål i största möjliga mån. DS står för dörrstängare och M står för magnetuppställd branddörr.



### **17.1.1 Åtgärda ventilationssystemet**

Ventilationssystemet ska utrustas med anordning för att förhindra brand- och brandgasspridning via ventilationen. Åtgärd som förhindrar brandgasspridning via ventilationssystemet skulle kunna utgöras av installation av backströmningsskydd i tilluftskanaler till rummen. I simuleringar har backströmningsskydd testats och utvärderats, vilket visade sig förhindra spridning av brandgaser från brandutsatt lägenhet, se *Kapitel 11*. Denna åtgärd kan eventuellt försvåras av att ventilationskanaler redan är ingjutna i bjälklaget, vilket skulle kunna försvåra monteringen av backströmningsskydd beroende på hur långt in i kanalerna dessa ska installeras.

Ytterligare åtgärd är att fläktarna i drift trycksätter luftkanalerna genom att skapa ett tilluftsflöde som står emot brandflödet och evakuerar brandgaserna via frånluften. Viktigt här är att kanalerna och fläktarna klarar av det ökade trycket och den ökade temperaturen.

Brandspjäll som stänger vid brand är också en eventuell åtgärd, vilken dock endast stänger av kanalsystemet till brandutsatt rum och gör att spridningen sker åt annat håll.

Åtgärdsförslag för ventilationssystemet bör utredas vidare och ses över ur brandgasspridningsperspektiv av fackman.

### **17.1.2 Åtgärda brandbelastning i korridorer**

Sopsortering och möblemaning i utrymningsväg bryter mot 2 kap. 2 § lagen (2003:778) om skydd mot olyckor och mot § 76 i AFS (2009:2). Korridorerna ska tömmas på brandbelastning eftersom befintliga föremål och möbler utgör en uppenbar brandrisk samt riskerar att förhindra en effektiv utrymning eftersom de blockerar utrymning via den utvändiga spiraltrappan.

Det kan dock vara svårt att helt undvika möbler i utrymningsvägar, dessa kan till exempel behövas för att de boende ska kunna vila sig medan de går i korridoren. I de fall detta anses som en absolut nödvändighet ska dessa möbler väljas så att mängden brännbart material minimeras.

### **17.1.3 Avskilj dagrum i korridorer**

Det mest kostnadseffektiva är att avveckla dagrummen i korridorerna helt och tömma dessa på all befintlig brandbelastning då detta skulle spara in kostnaden för åtgärden att avskilja dessa med brandklassad vägg och dörr. En avvägning bör dock göras för hyresgästernas skull. För att fortfarande kunna bruka en del av korridoren som ett dagrum för vårdtagarna måste detta avskiljas från resten av korridoren med en brandklassad vägg och dörr, förslagsvis med magnetuppställning. Detta kommer inte påverka korridorens utformning mot det nuvarande, eftersom dörren inte skulle vara i vägen när den är uppställd, men brandskyddet blir avsevärt mycket bättre.

### **17.1.4 Installera dörrstängare och se över brandklassning**

Samtliga dörrar som vetter ut mot korridor eller annan utrymningsväg ska utrustas med dörrstängare, samt uppfylla en brandklass av minst EI 30 eller motsvarande. Detta skulle minska risken för brand- och brandgasspridning ut till korridor eller utrymningsväg. I dagsläget saknar exempelvis vissa dörrar till gemensamma kök brandklassning. Förslagsvis används dörrstängare som inte har något motstånd när det inte brinner men fungerar som dörrstängare vid brand.

### **17.1.5 Se över magnetuppställda dörrar**

De magnetdörrar på markplan mellan Hus 8 och Hus 9 som inte stängde helt vid aktivering måste åtgärdas för att fullt ut fylla sin funktion.

## **17.2 Åtgärder som bör vidtas**

Nedan presenteras åtgärder som bör vidtas för att ytterligare förbättra brandskyddet. Bland åtgärdsförslagen som bör införas för att ytterligare förbättra brandskyddet bedöms samtliga utom utbytet av spiraltrapporna vara kostnadseffektiva och relativt enkla att genomföra.

### **17.2.1 Byta ut spiraltrappor**

Spiraltrappor bör ej användas vid utrymning från lokaler där personer med svårighet att själva ta sig ner för trappor vistas, såsom verksamhetsklass 5B, enligt BBR. Efter utrymningsövningar i Karlshamn (Karlshamns kommun, 2012), anses det i stort sett omöjligt att bära eller släpa ut en vårdtagare via en spiraltrappa.

Att byta ut spiraltrapporna mot raka trappor med tilltagna vilplan bedöms vara den mest krävande av föreslagna åtgärder för att ytterligare förbättra brandskyddet, både ekonomiskt och att praktiskt genomföra. Dock är denna åtgärd rimlig att genomföra eftersom spiraltrapporna i praktiken inte utgör en utrymningsväg för vårdtagarna och därmed har dessa endast en utrymningsväg från korridoren att bruka. Spiraltrapporna bör bytas ut mot raka trappor med väl tilltagna vilplan, med andra ord till trappor som utformats för den utrymningsituation de är tänka att användas till.

### **17.2.2 Installera ytterligare rökdetektorer**

För att underlätta tidig detektion av brand i utrymmen där personer endast vistas tillfälligt, såsom förråd, vind och tvättstuga bör rökdetektorer installeras i sådana utrymmen. Tidig detektion av brand kan bidra till en snabbare insats vilket skulle minska påfrestningen på byggnader och människor.

### **17.2.3 Installera nödbelysning**

För att underlätta utrymning bör nödbelysning installeras i korridorerna.

### **17.2.4 Införa rökruta med rökförkläder**

För att minska brandrisken i samband med rökning kan en specifik plats för rökning införas. Rökplatsen införs förslagsvis utomhus, exempelvis på en balkong med låg eller ingen brandbelastning. Tillgängliga rökförkläden i anslutning till rökplatserna skulle minska risken för att vårdtagarna tappar en cigarett på sig själva och börjar brinna.

### **17.2.5 Installera spisvakt**

Att minska brandrisken i köken skulle bidra till att höja brandsäkerheten eftersom merparten av alla tillbud startar i köket. En spisvakt med timer leder till att risken för exempelvis torrkokning troligtvis blir lägre. Spisvakten kan även kopplas ihop med rökdetektorer så att strömmen bryts vid aktivering.

### **17.2.6 Huvudnyckel**

Att personalen inte har en huvudnyckel som leder till samtliga lägenheter är tidskrävande, eftersom vissa vårdtagare kan ha dörren låst under nattetid. Det kostar onödig tid som inte alltid

finns tillgänglig i händelse av brand att springa ner till receptionen och hämta en huvudnyckel. Att ge varje vårdgivare varsin kan korta ner den tiden, vilket kan sänka utrymningstiden.

### **17.2.7 Larmorganisation**

Att skicka information om vilken detektor som utlöst till vårdgivarnas mobiltelefoner skulle förhindra att samtlig personal springer ner till brandlarmscentralen i händelse av brand. Möjligheten att samtidigt kunna kvittera larmet via mobiltelefon möjliggör för personalen att direkt ta sig till det brandutsatta utrymmet och på så sätt korta ner undersökningstiden. Detta kortar troligtvis ner den totala utrymningstiden avsevärt.

## **17.3 Alternativa åtgärdsförslag**

Nedan presenteras alternativa åtgärdsförslag vilka inte bedöms som nödvändiga eller rimliga att genomföra och därför inte behandlas närmare i rapporten.

### **17.3.1 Boendesprinkler**

Från konsekvensutredningen till BBR19 (Boverket, 2011) framkommer det att installation av boendesprinklers är ett samhällsekonomiskt kostnadseffektivt sätt att spara liv. Kostnaden blir 4,2 miljoner kronor per sparat liv. Installation av boendesprinkler i samtliga äldreboenden skulle leda till att risknivån för de boende i äldreboenden blir densamma som för människor med normal fysisk aktivitet i vanliga boenden utan sprinkler. Risken att dö i brand för personer med nedsatt rörlighet minskar från  $8,24 \cdot 10^{-5}$  till  $2,99 \cdot 10^{-5}$ , vilket är en minskning med 64 %.

Dock bedöms inte boendesprinkler behöva införas om tidigare föreslagna åtgärder genomförs, eftersom dessa bedöms som kostnadseffektivare att utföra i kombination med att åtgärda ventilationssystemet. Installation av sprinklers bedöms även vara ett större och mer komplicerat byggnadstekniskt ingrepp än föreslagna åtgärder och bedöms inte vara rimligt eftersom verksamheten är avsedd att upphöra under 2016. Ett alternativ som skulle kunna undersökas är att införskaffa portabla dimsprinklers. Dessa skulle kunna placeras i lägenheter där risken för brand bedöms som extra stor, till exempel hos sängsökare.

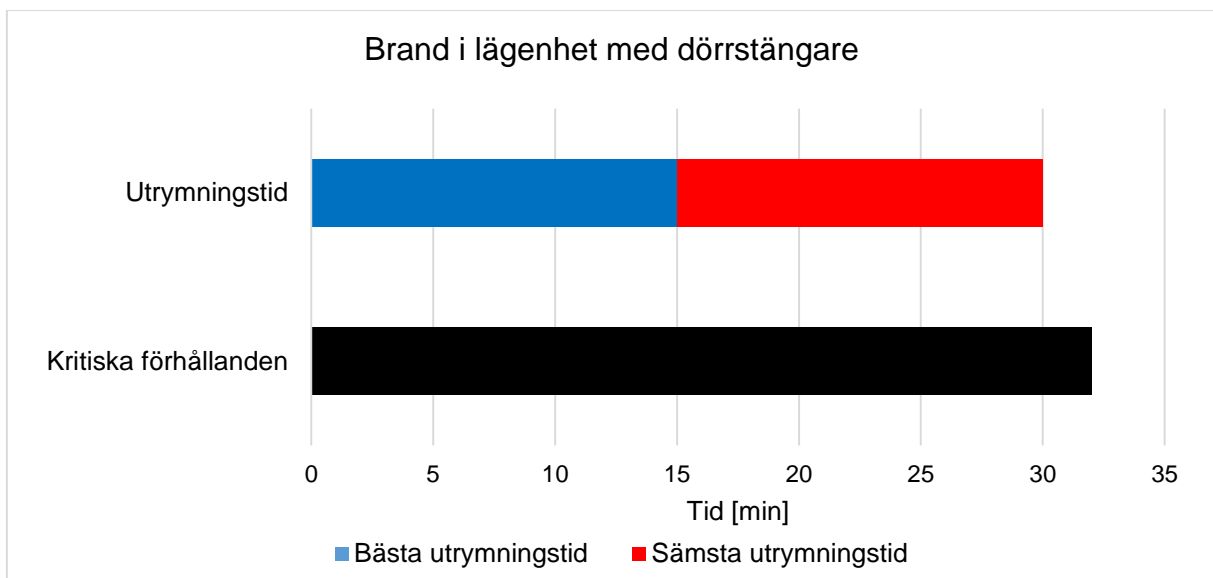
### **17.3.2 Utrymningshiss**

Utrymningshiss i byggnaden bedöms kunna erbjuda möjligheter för flera av de äldre att kunna utrymma utan assistans, enligt Arnqvist & Olsson (2010). Dock ställs stora krav på den tekniska utformningen av hissarna för att upprätthålla en tillfredsställande säkerhetsnivå. Likaså är det viktigt med information till vårdtagarna för att de ska kunna använda hissen vid utrymning. Utrymningshissarna bedöms eventuellt kunna förkorta utrymningstiden men samtidigt anses lösningen som ett dyrt och komplicerat ingrepp i det byggnadstekniska brandskyddet och bedöms inte vara rimligt eftersom verksamheten är avsedd att upphöra under 2016.

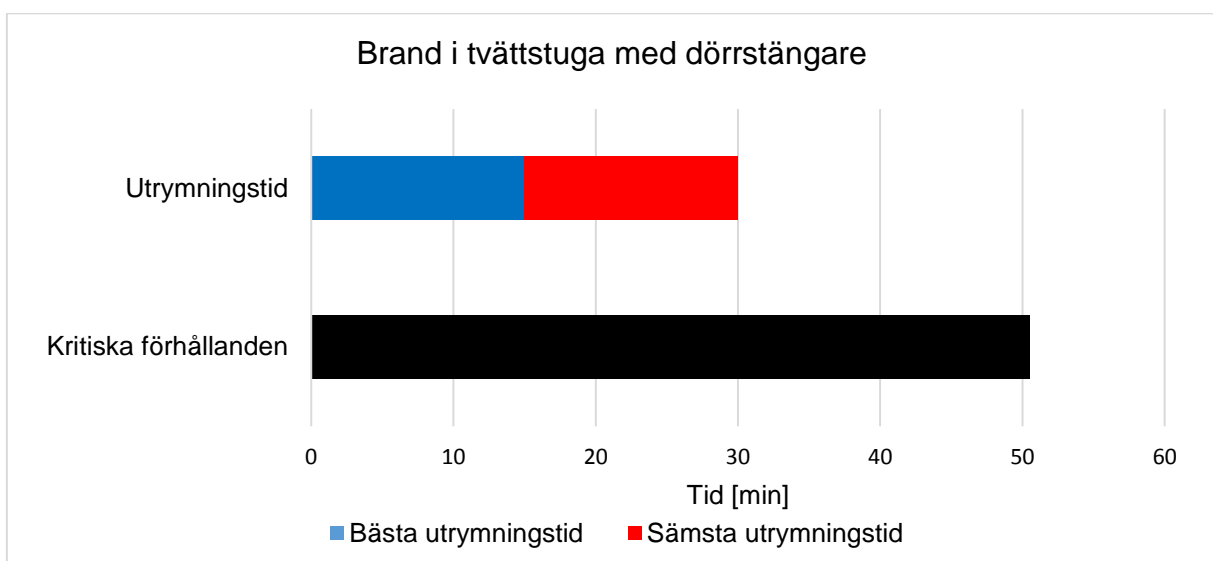


## 18 Jämförelse av brand- och utrymningsscenarier efter åtgärdsförslag

Eftersom risken för brand i korridor elimineras vid avlägsnande av brandbelastning i korridoren betraktas det ej längre som ett scenario. Brand i avskilt dagrum är dock fortfarande möjlig, men resultatet blir exakt detsamma som för brand i lägenhet. Brand i lägenhet och brand i tvättstuga betraktas fortsatt som troliga brandscenarier men efter åtgärd med dörrstängare på samtliga dörrar blir resultatet att utrymning kan betraktas som säker, eftersom utrymningstiden blir kortare än tiden till kritiska förhållanden. Detta redovisas i *Figur 18.1–18.3* där tiden till kritiska förhållanden förlängs med 30 minuter eftersom de brandklassade dörrarna innehar brandklass EI 30.

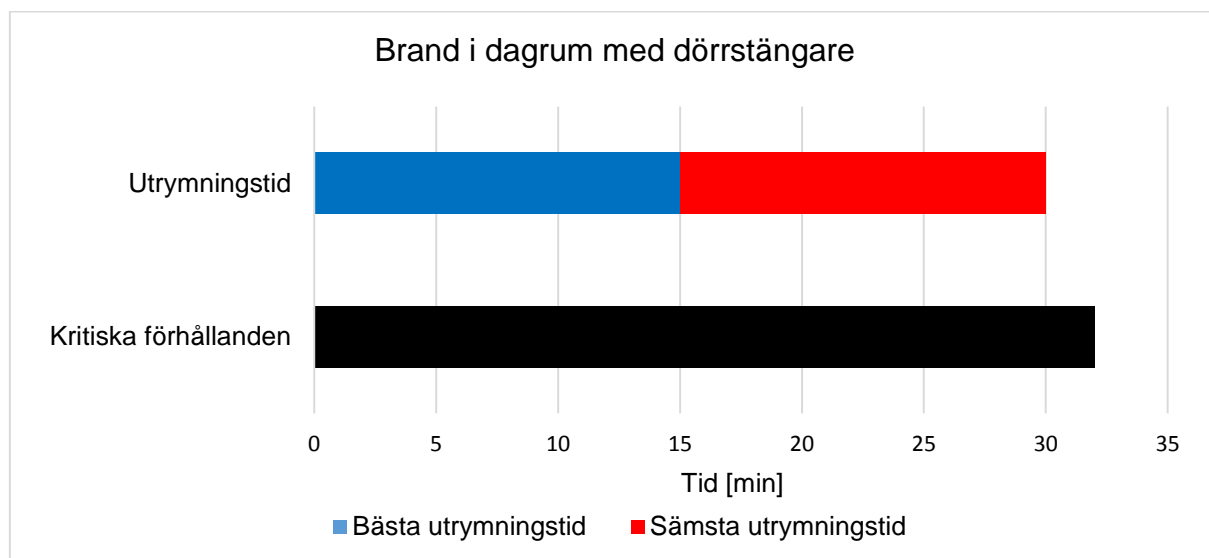


**Figur 18.1.** Utrymningstid för ett våningsplan jämfört med tid till kritiska förhållanden vid brand i lägenhet med dörrstängare.



**Figur 18.2.** Utrymningstid för ett våningsplan jämfört med tid till kritiska förhållanden vid brand i tvättstuga med dörrstängare.

Vid brand i avskilt dagrum antas utrymningstiden vara densamma som för brand i lägenhet, eftersom branden troligtvis befinner sig i ett avskilt rum och de andra utrymningsparametrarna inte har förändrats. Detta leder till att resultatet för brand i dagrum med brandklassad dörr med dörrstängare är att utrymning kan betraktas som säker, se *Figur 18.3*, då tiden till kritiska förhållanden förlängs med 30 minuter eftersom de brandklassade dörrarna innehar brandklass EI30.



**Figur 18.3.** Utrymningstid för ett våningsplan jämfört med tid till kritiska förhållanden vid brand i avskilt dagrum med dörrstängare.

Samtliga scenarier får nu samma utrymningstid. Att scenariot med brand i tvättstuga får samma utrymningstid som för brand i dagrum och lägenhet beror på att en dörr med dörrstängare till tvättstugan gör det möjligt för personalen att initiera utrymningen. De behöver med andra ord inte vänta på räddningstjänsten, vilket förkortar utrymningstiden. För brand i tvättstuga förlängs tiden till kritiska förhållanden med 30 minuter trots rökutveckling i tvättstugan. Detta för att brandgaserna inte bedöms påverka dörrens brandavskiljande förmåga innan branden tar fart och temperaturen ökar mycket. Dagrummet kan ses som en lägenhet eftersom de har samma brandavskiljande konstruktion vilket leder till att utrymningstiden blir densamma som för lägenheten.

Vid brand i dagrum och brand i lägenhet är det endast ett spann på två minuter mellan sämsta utrymningstid och tiden till kritiska förhållanden. Vid utrymningsberäkningar har sämsta värdet i fördelningarna valts konservativt, vilket leder till att utrymning trots detta anses som säker. Känslighetsanalyserna i *Bilaga C.1* visar att det är undersökningstiden som påverkar utrymningstiden mest, och att arbeta för att sänka undersökningstiden kan ge ännu bättre utrymningsmöjligheter. Ett sätt att göra detta är att personalen skulle kunna få detektorinformation i sina mobiltelefoner istället för att samtliga springer ner till brandlarmscentralen. Att ge personalen varsin huvudnyckel som går till samtliga lägenheter skulle också kunna sänka undersökningstiden, eftersom personalen då inte behöver gå till reception och hämta en lägenhetsnyckel om lägenhetsdörren visar sig vara låst när de kommer fram.

## **18.1 Slutsats efter åtgärdsförslag**

Syftet med rapporten var att utvärdera nuvarande brandskydd på Västralid. Slutsatserna kring det nuvarande brandskyddet presenterades i *Kapitel 16*.

Målet med rapporten var att, i de fall det är nödvändigt, ta fram åtgärdsförslag för att uppnå ett skäligt brandskydd. Om åtgärdsförslagen som presenterats i *Kapitel 17* genomförs bedöms byggnaderna få ett skäligt brandskydd och därmed uppnås målet med rapporten. Det är dock av stor vikt att förstå att dessa åtgärdsförslag endast fungerar i kombination med varandra och inte som fristående åtgärder. Det ska poängteras att skyddsnivån fortfarande kommer vara lägre än nuvarande skyddsnivå som ställs i BBR vid nybyggnation.





## 19 Referenser

- AFS 2008:13. *Arbetsmiljöverkets föreskrifter om skyltar och signaler för hälsa och säkerhet under arbete samt allmänna råd om tillämpningen av föreskrifterna*. Stockholm: Arbetsmiljöverket.
- AFS 2009:2. *Arbetsmiljöverkets föreskrifter om arbetsplatsens utformning samt allmänna råd om tillämpningen av föreskrifterna*. Stockholm: Arbetsmiljöverket
- Arnqvist, M. & Olsson, J. (2010). *Utrymningshiss som utrymningsväg – En analys av möjligheten att använda hissar vid utrymningsdimensionering*. Report 5325. Department of Fire Safety Engineering and Systems Safety Lund University, Sweden.
- Black, W.Z. (2009). *Smoke movement in elevator shafts during a high-rise structural fire*. Fire Safety Journal 44 (2009) pp. 168-182.
- Black, W.Z. (2013). *An Integrated Fire Safety Plan to Manage Smoke Movement During a High-Rise Fire*. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers: ASHRAE Transactions. Volume 119, Part 2.
- Best Practice gruppen. (2009). *CFD Best Practice*.
- BFS (2013:11). *Boverkets allmänna råd (2013:11) om brandbelastning*. Karlskrona: Boverket.
- BFS (2013:12). *Boverkets ändring av verkets allmänna råd (2011:27) om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd*. Karlskrona: Boverket.
- BFS (2014:3). *Boverkets föreskrifter om ändring i verkets byggregler (2011:6) - föreskrifter och allmänna råd*. Karlskrona: Boverket.
- Boverket (2001). *Konsekvensutredning; För revidering (BFS 2011:26) av avsnitt 5 Brandskydd i Boverkets Byggregler, BBR (2011:6), för allmänt råd om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd (BFS 2011:27)*. Karlskrona: Boverket.
- Boverket (2006). *Utrymningsdimensionering*. Karlskrona: Boverket.
- Boverket (2015) *När du behöver bygglov*. Karlskrona: Boverket.
- Brandskyddshandboken* (2014). Brandteknik. Lund: Lunds Tekniska Högskola.
- Bryan, J. L. (2002). *Behavioral Response to Fire and Smoke*. SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. Quincy, MA: National Fire Protection Association.
- Cox, G. & Kumar, S. (2002). *Modelling Enclosure Fires Using CFD*. SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. Quincy, MA: National Fire Protection Association.
- Drysdale, D. (2011). *An Introduction to Fire Dynamics*. United Kingdom: John Wiley and Sons Ltd.

- Frantzich, H. & Nystedt, F. (2011). *Kvalitetsmanual för brandtekniska analyser vid svenska kärntekniska anläggningar*. Report 3160. Department of Fire Safety Engineering and Systems Safety Lund University, Sweden.
- Frantzich, H (2001). *Tid för utrymning vid brand*. Räddningstjänstavdelningen, Räddningsverket, Karlstad: Räddningsverket.
- Gordonova, P. (2015a). *PFS Presentation BTR 2015*. Föreläsninganteckningar 2015-02-19
- Gordonova, P. (2015b). *PFS hjälp 2015*. Föreläsninganteckningar 2015-02-19
- Gustafsson, M. et al. (2004). *Brandteknisk riskvärdering av ortopedavdelningen på Blekingesjukhuset i Karlskrona*. Lund: Lunds Tekniska Högskola, Avdelningen för Brandteknik.
- Hietaniemi, J. et al. (2001) *Burning of Electrical Household Appliances: An experimental study*. Otnäs, Espoo, Finland: Statens tekniska forskningscentral.
- Jensen, L. (1998). *Brandgasspridning via ventilationssystem*. Lund: Lunds Tekniska Högskola, Institutionen för byggande och arkitektur.
- Karlsson, B. & Quintiere, J.G. (2000). *Enclosure Fire Dynamics*. UK: CRC Press.
- Karlshamns kommun (2012). *Protokoll från sammanträde med kommunstyrelsen*. Karlshamn, Sweden. [Elektronisk] Tillgänglig: 2015-03-30:  
<<http://www.karlshamn.se/Global/Karlshamn/Politik/Kommunstyrelse/Protokoll/2012/KSprotokoll120221.pdf>>
- Klote, J. (2002) *Smoke Control*. SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. Quincy, MA: National Fire Protection Association.
- Klote, J. (2004). *Hazards Due to Smoke Migration Through Elevator Shafts – Volume I: Analysis and Discussion*. Final Report. NIST GCR 04-864-I. Gaithersburg, MD: National Institute of Technology
- MSB (2010). *Brandskydd i nya boendeformer för äldre*. Uppdrag 16 i regleringsbrev (Fö2009/113/EPS) till Myndigheten för samhällsskydd och beredskap för 2010. Diarier 2010-885. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap.
- MSB (2015a). Statistikdatabasen: *Preliminär statistik 2014-2015 - Döda i bränder*. Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap.
- MSB (2015b). Statistikdatabasen: *Statistik 1998-2013 – Startutrymme för brand i äldreboende*. Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap.
- NIST (2014a). *Fire Dynamics Simulator User's Guide*. NIST Special Publication 1019 Sixth Edition. Gaithersburg, MD: National Institute of Standards and Technology.
- NIST (2014b). *Fire Dynamics Simulator Technical Reference Guide Volume 1: Mathematical Model*. NIST Special Publication 1018 Sixth Edition. Gaithersburg, MD: National Institute of Standards and Technology.

- NIST (2014c). *Validation of Smoke Detector Activation Models*. Gaithersburg, MD: National Institute of Standards and Technology.
- Palmqvist, H. & Petersson, J. (2010). *Analys av brandskydd vid vårdboenden i västra Blekinge*. Karlshamn: Räddningstjänsten Västra Blekinge.
- Räddningsverket. (2001). *Utrymningssäkerhet för rörelsehindrade*. Statens Räddningsverk. Publikationsnummer: PUBP21-388.
- SCB (2015). Statistikdatabasen: *Folkmängden efter region, civilstånd, ålder och kön. År 1968 – 2014*. Stockholm: Statistiska centralbyrån.
- SFS 1977:1160. *Arbetsmiljölagen*. Stockholm: Arbetsmarknadsdepartementet.
- SFS 1977:1166. *Arbetsmiljöförordning*. Stockholm: Arbetsmarknadsdepartementet.
- SFS 2003:778. *Lagen om skydd mot olyckor*. Stockholm: Justitiedepartementet.
- SFS 2003:789. *Förordning om skydd mot olyckor*. Stockholm: Justitiedepartementet.
- SRVFS 2003:10. *Statens räddningsverks föreskrifter om skriftlig redogörelse för brandskyddet*. Statens räddningsverk.
- Staffsson, L. (2010). *Selecting Design Fires*. Rapport 7032. Lund: Lunds tekniska högskola, Avdelningen för Brandteknik.
- Särdqvist, S. (1993). *Initial Fires*. Rapport. BRANDFORSK. Lunds tekniska högskola. Lund: LTH, Avd. BRANDFORSK.
- Tewarson, A. (2002). *Generation of Heat and Chemical Compounds in Fire*. SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. Quincy, MA: National Fire Protection Association.

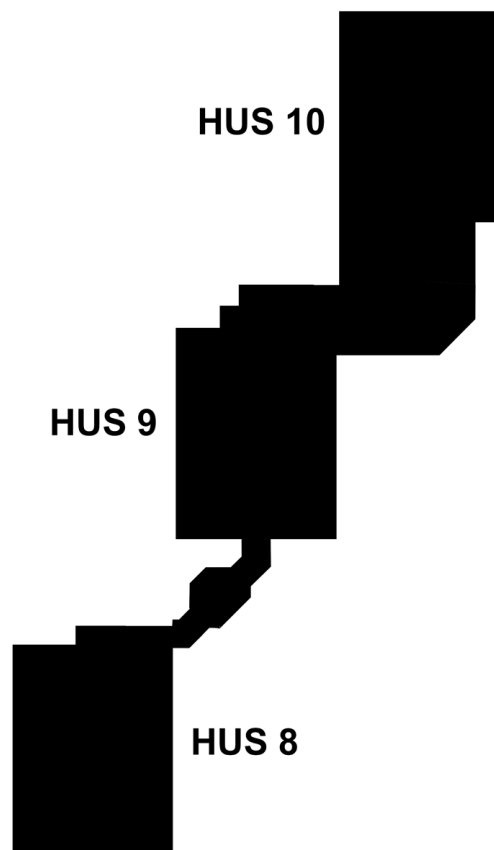


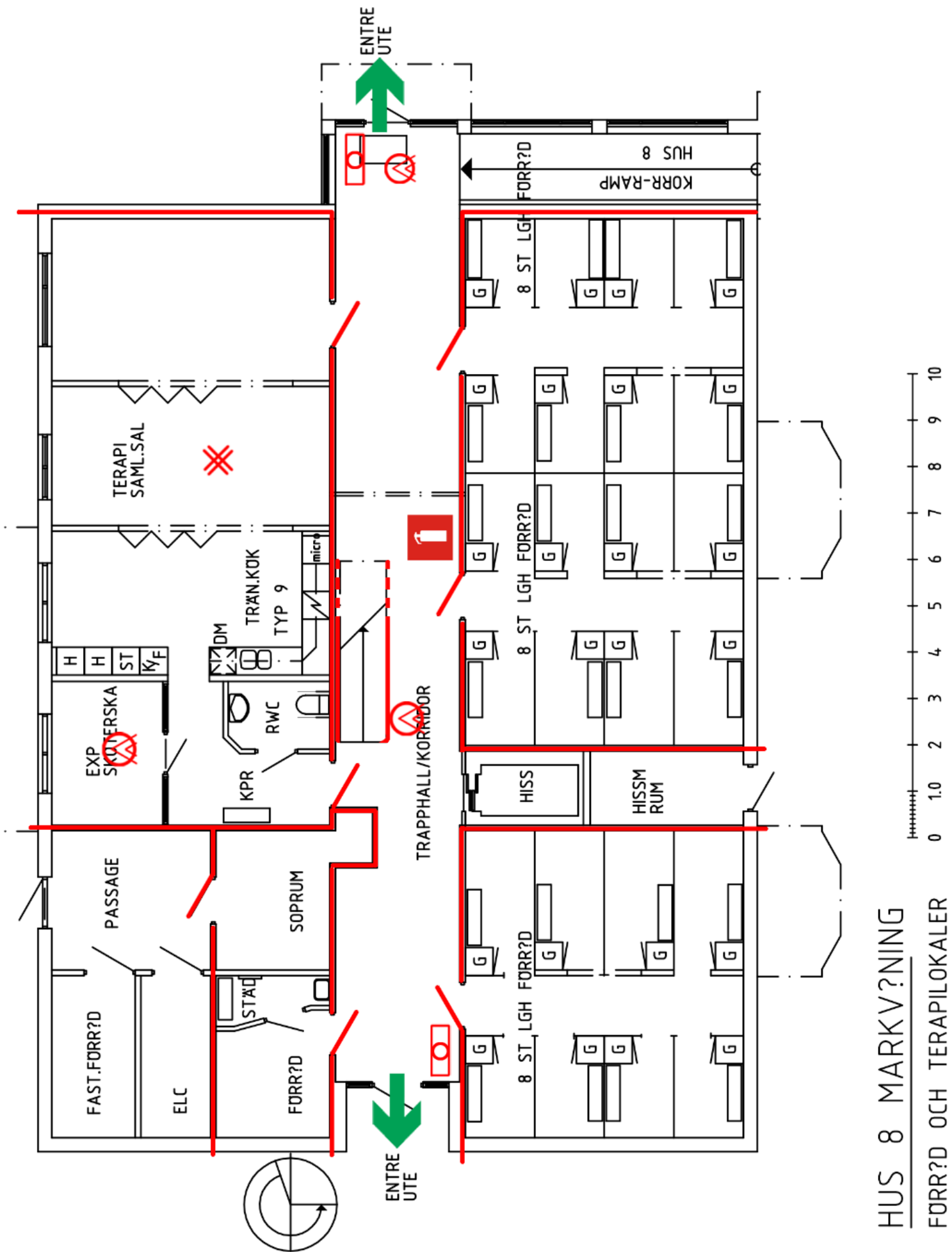
# Bilaga A – Ritningar

I denna bilaga finns ritningar över Västralid.

## A.1 Brandskyddsritningar

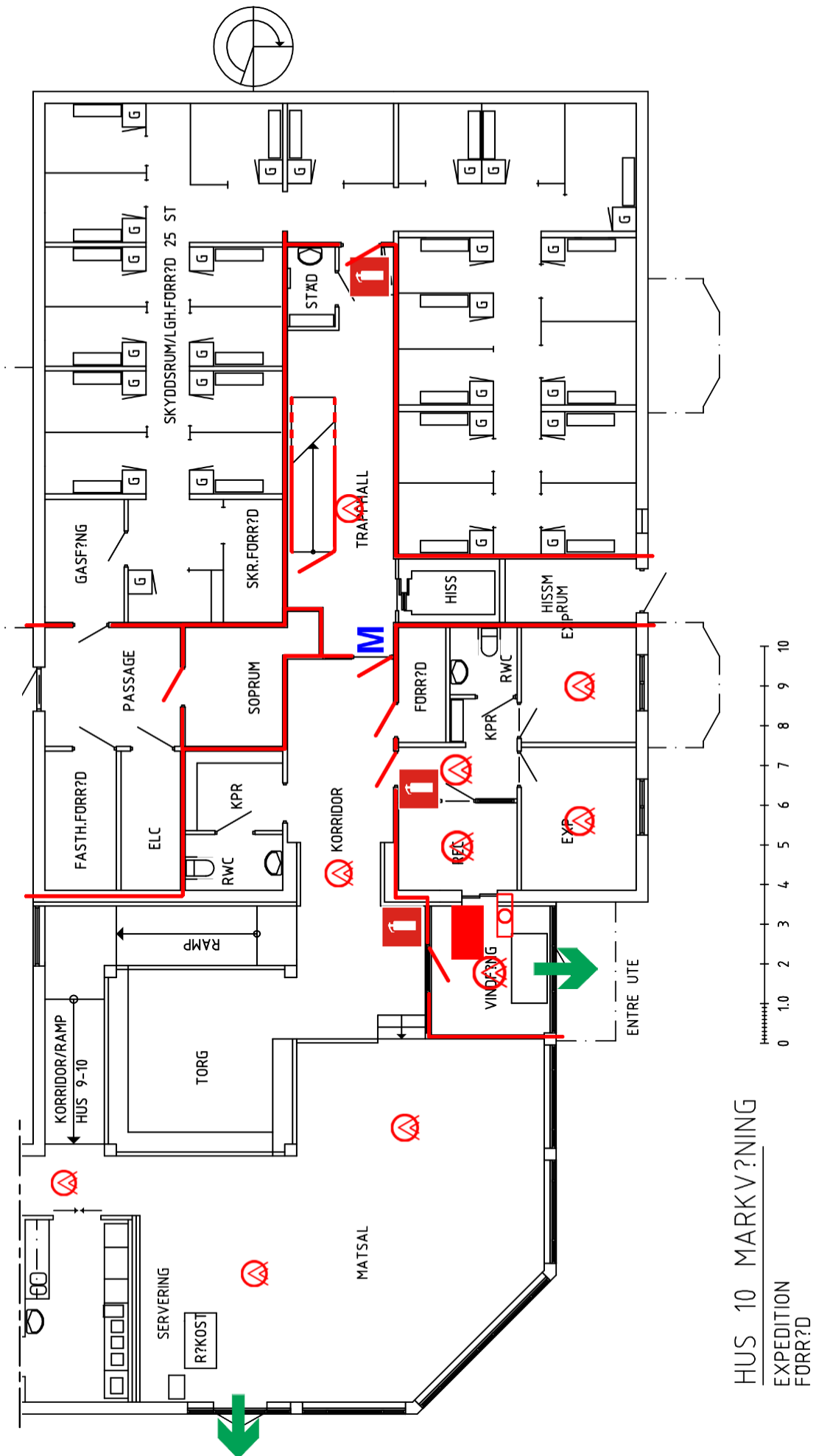
Information om brandcellsgränser, dörrstängare, utrymningsvägar och brandredskap kommer från ventilationsritningar, utrymningsplaner samt observationer vid platsbesök. Information om detektortyp och detektorplacering kommer från pärm vid brandlarmscentralen. Ritningar över markvåningen inkluderas för samtliga huskroppar. För huskropparnas övre delar inkluderas enbart ritningar över Hus 10. Anledningen till detta är att byggnaderna är i princip identiska på dessa våningsplan. Undantaget är Hus 9 som har ytterligare ett våningsplan, dock i samma utförande som övriga våningsplan, se *Tabell 3.1*.





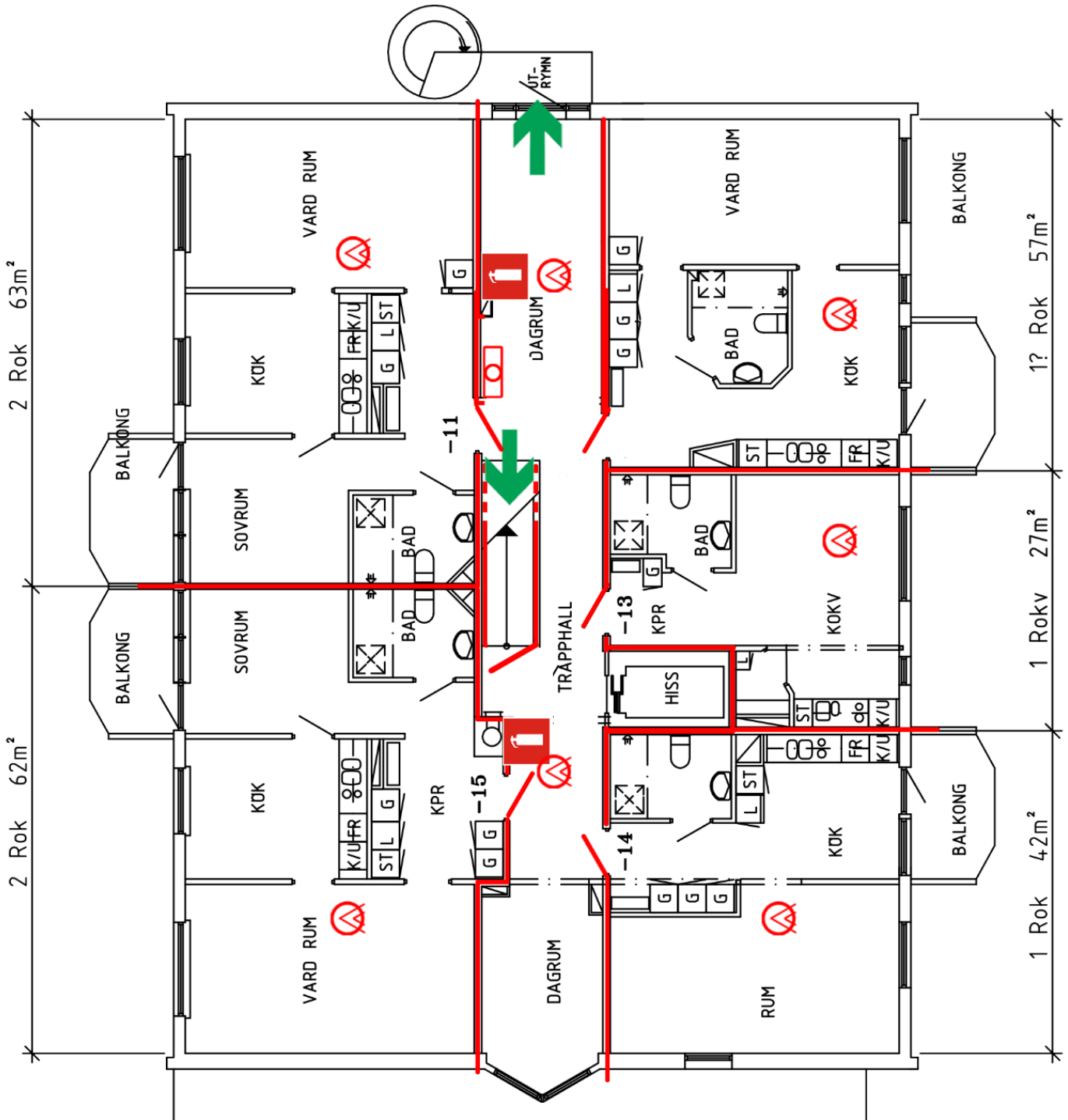
HUS 8 MARKV?NING  
FORR?D OCH TERAPILOKALER



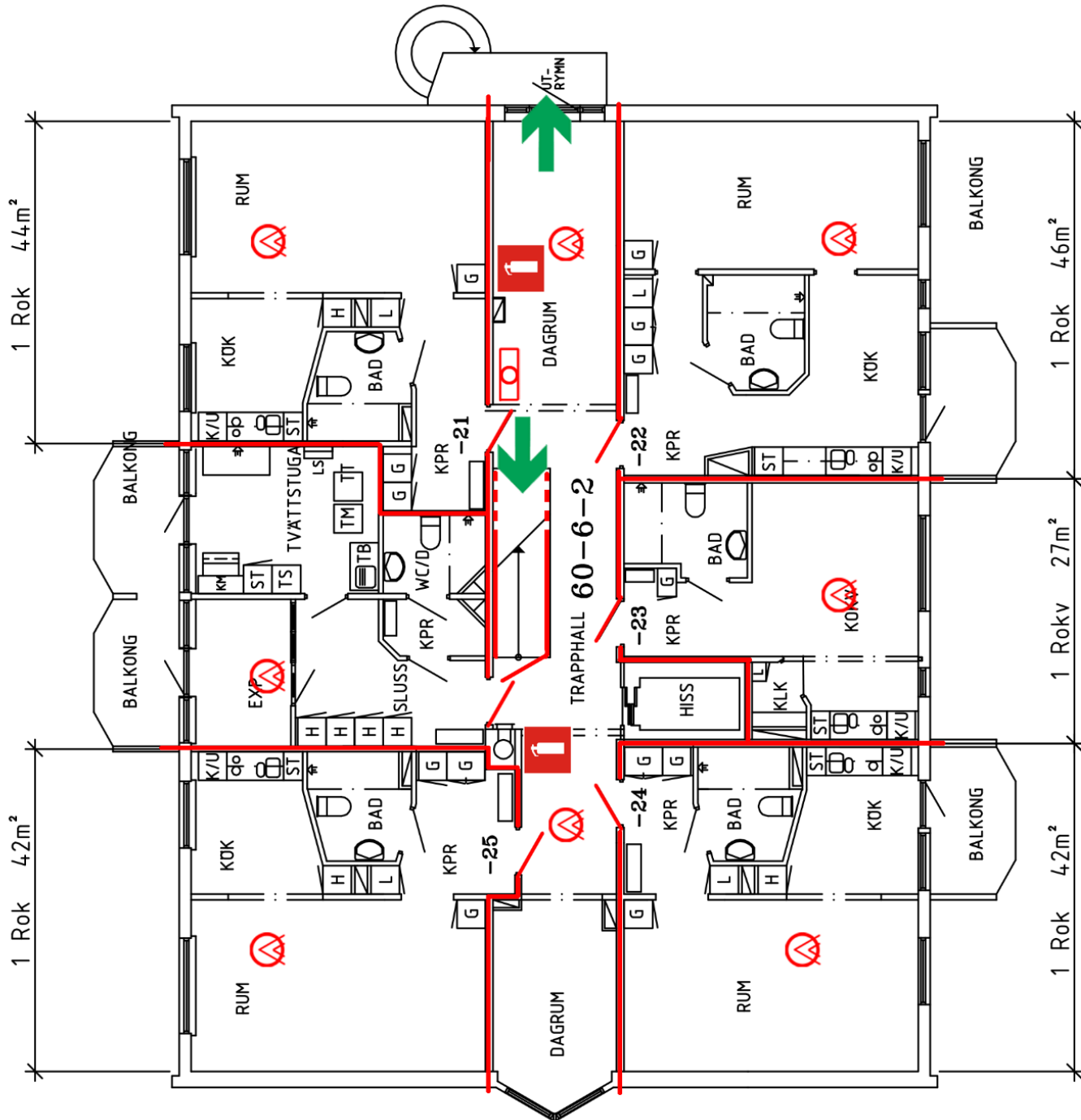


HUS 10 MARKV?NING  
 EXPEDITION  
 F0RR?D



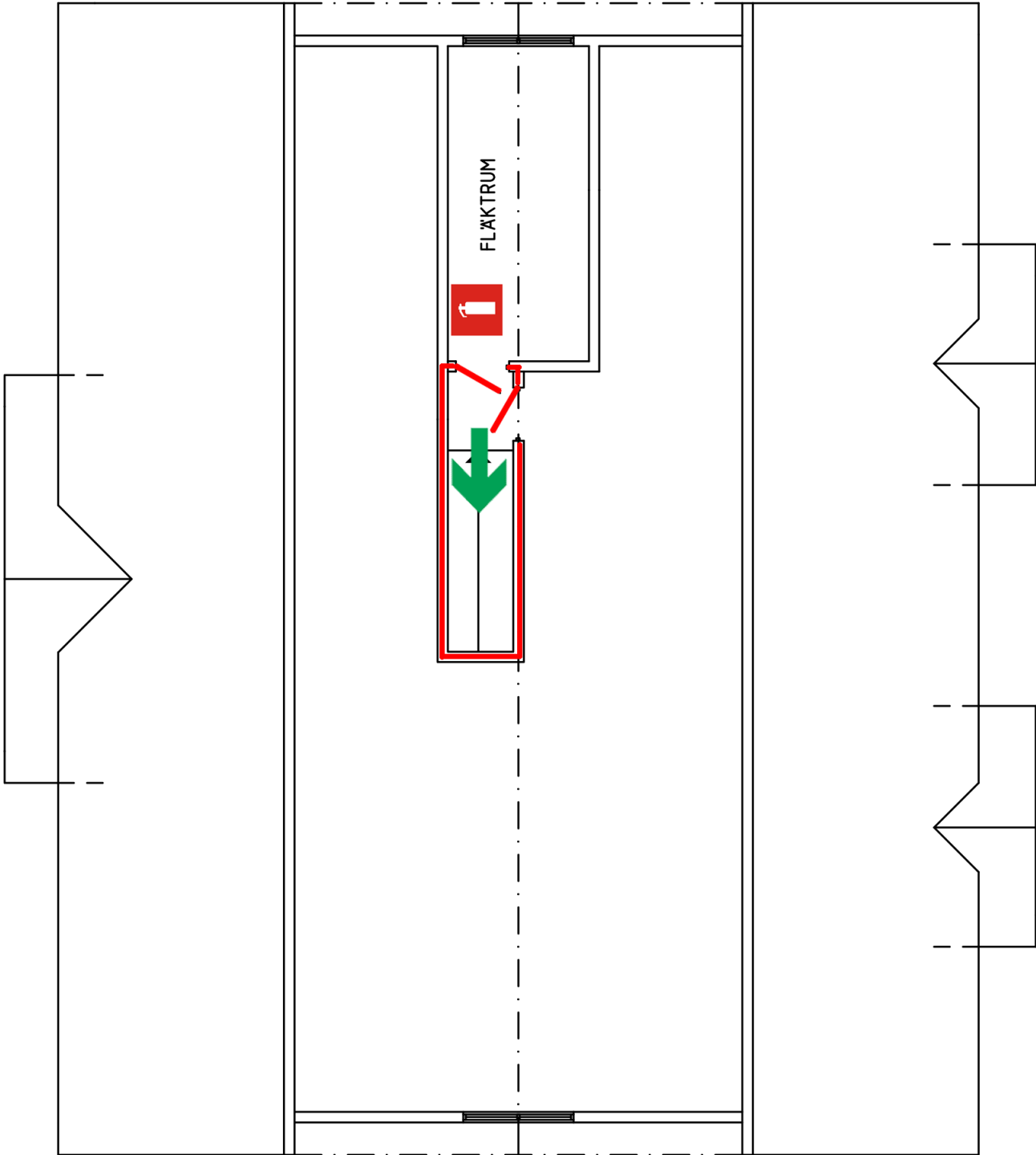


HUS 10 , PLAN 1  
 SERVICELÄGENHETER





HUS 10 , PLAN 3  
GRUPPBOSTAD



HUS 10 , VIND

## A.2 Ventilationsritningar

I detta avsnitt finns ventilationsritningar. Tilluft har markerats i blått och frånluft har markerats i rött. Siffror har satts ut där kanaler går vertikalt. Siffran återfinns på ritning för underliggande våningsplan för att det på så sätt ska vara enkelt att följa ventilationskanalerna vertikalt.

I *Tabell A.1* redovisas flödena summerade för lägenheten i vilken branden placeras i simuleringar.

*Tabell A.1. Flöden tillhörande bifogade ventilationsritningar.*

Rum	Tilluftflöde [m <sup>3</sup> /h]	Frånluftflöde [m <sup>3</sup> /h]
Sovrum	50	
Vardagsrum	40	
Kök		40
Badrum		55
<b>Totalt</b>	<b>90 ~ 25 l/s</b>	<b>95 ~ 26,4 l/s</b>

I *Tabell A.2* redovisas flödena summerade för ett våningsplan, vilka används för simuleringar.

*Tabell A.2. Flöden tillhörande bifogade ventilationsritningar.*

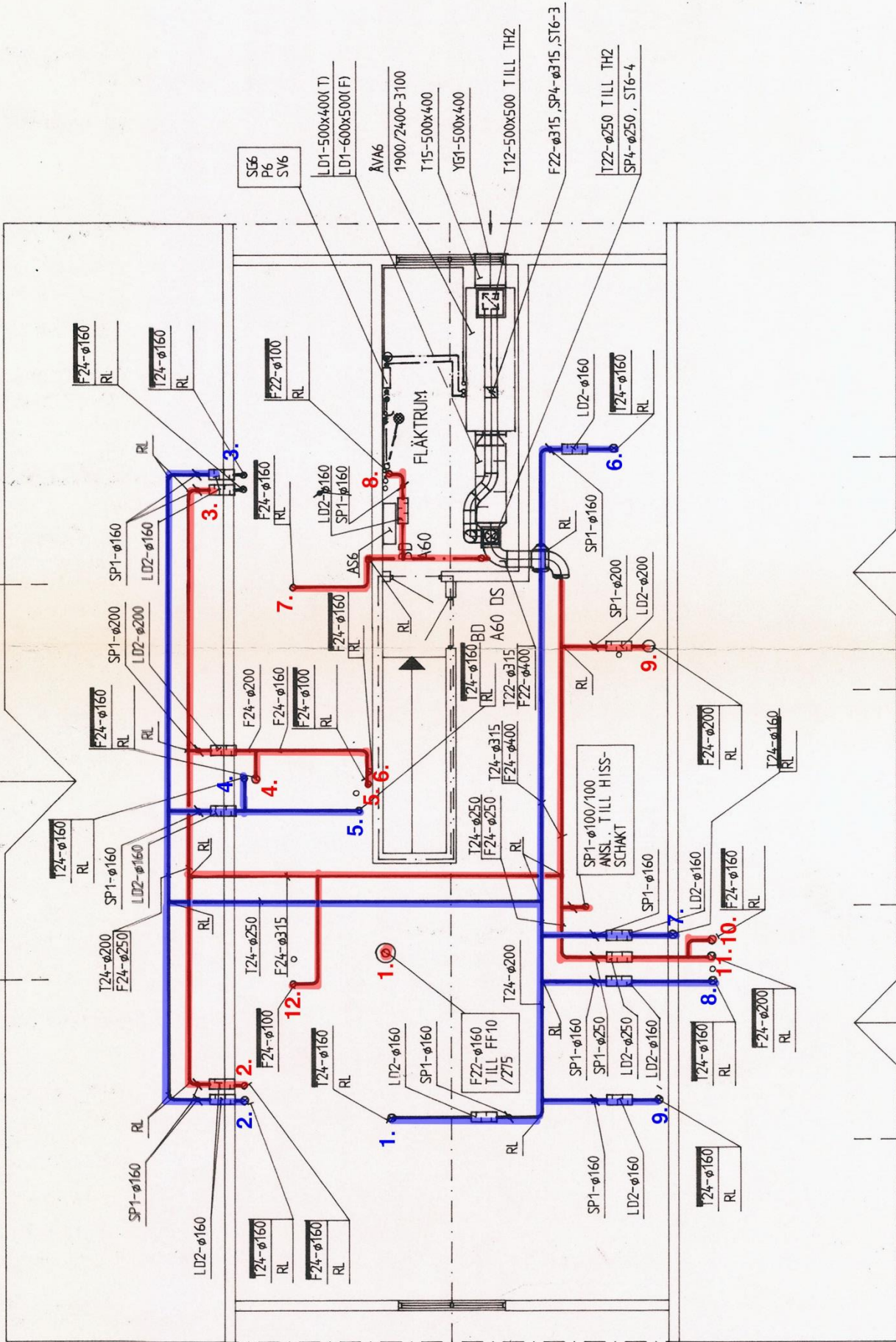
Rum	Tilluftflöde [m <sup>3</sup> /h]	Frånluftflöde [m <sup>3</sup> /h]
Lägenhet	90	95
Lägenhet	90	95
Lägenhet	90	95
Lägenhet	90	95
Lägenhet	90	95
Matsal	145	135
Dagrum	50	50
<b>Totalt för våningsplanet</b>	<b>645</b>	<b>660</b>
<b>Totalt för byggnaden</b>	<b>2580 ~ 720 l/s</b>	<b>2640 ~ 730 l/s</b>

Fetmarkerade värden används i simuleringar i PFS.

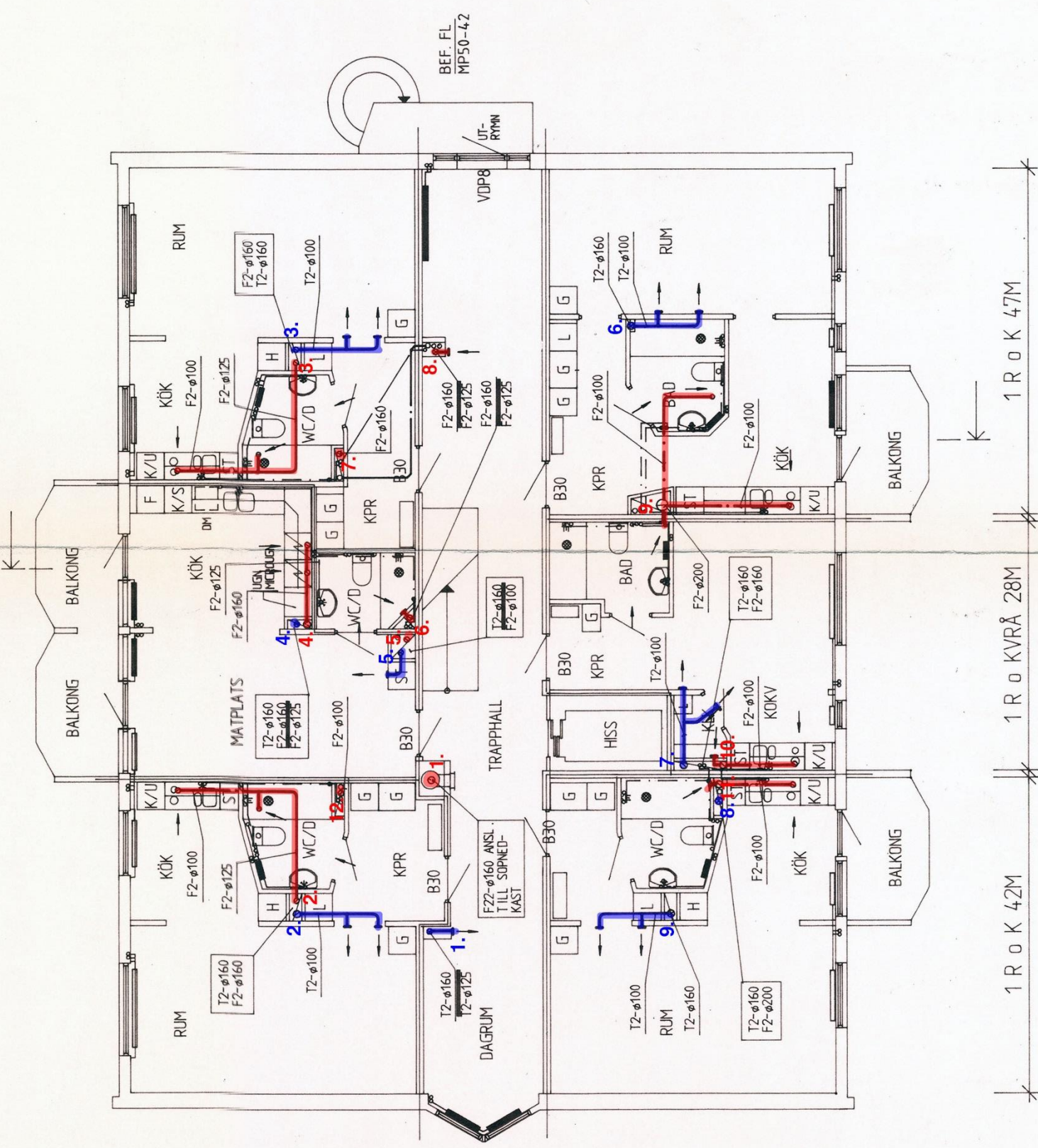
Teckenförklaring till ventilationsritningar:

- 160 Frånluftskanal med dimension 160 mm
- ⊗160 Tilluftskanal med dimension 160 mm
- 160 Kanal fortsätter ej uppåt
- 160 Kanal fortsätter ej nedåt
- T Tilluft
- F Frånluft

Notera att endast de symboler och teckenförklaringar som anses väsentliga för att få en övergripande förståelse för ventilationssystemet inkluderas i teckenförklaring.



HUS 10, VIND

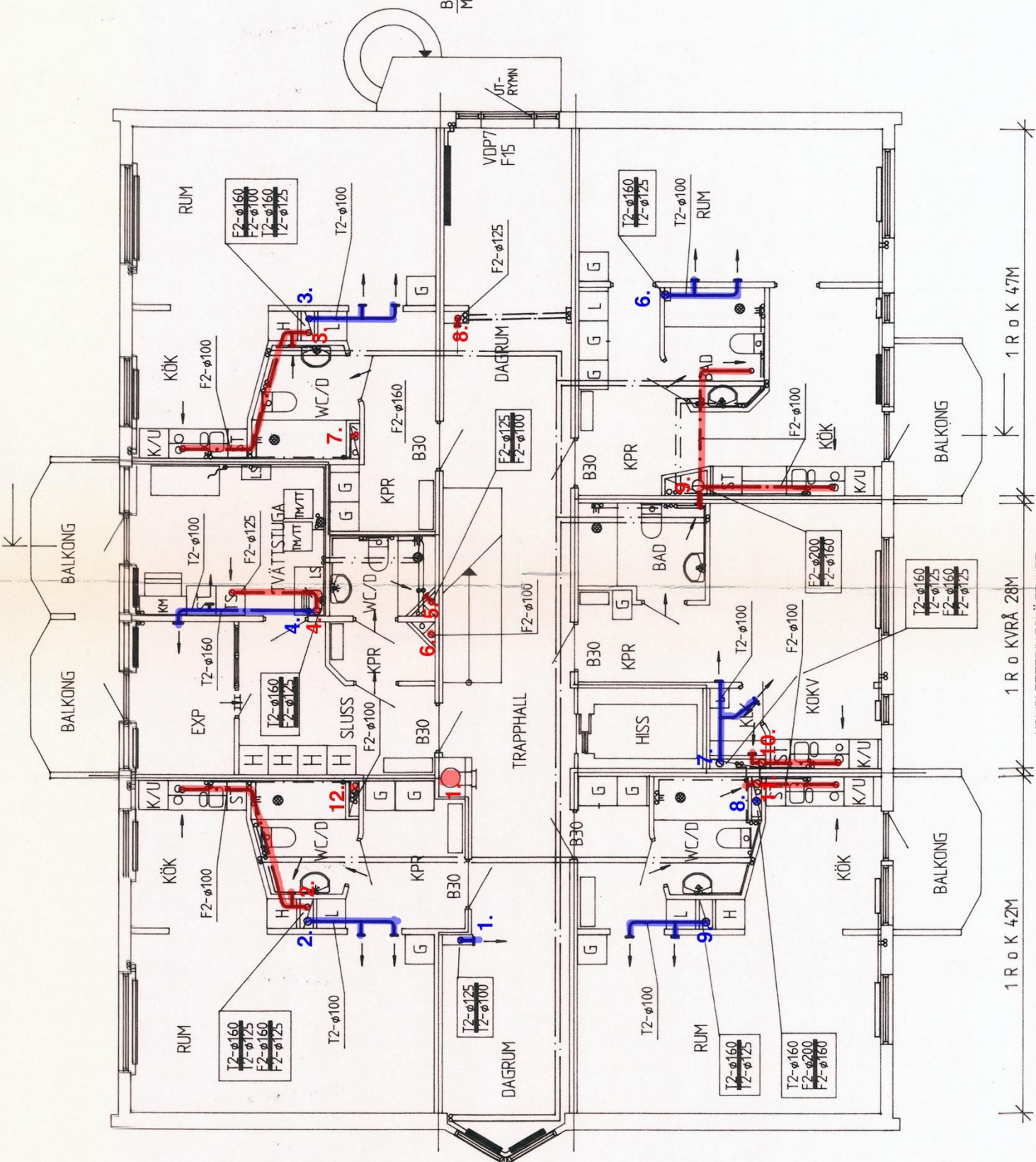


BEF. FL  
MP50-42

KOMPLETTERINGSLÄGGENHET

HUS 10, PLAN 3

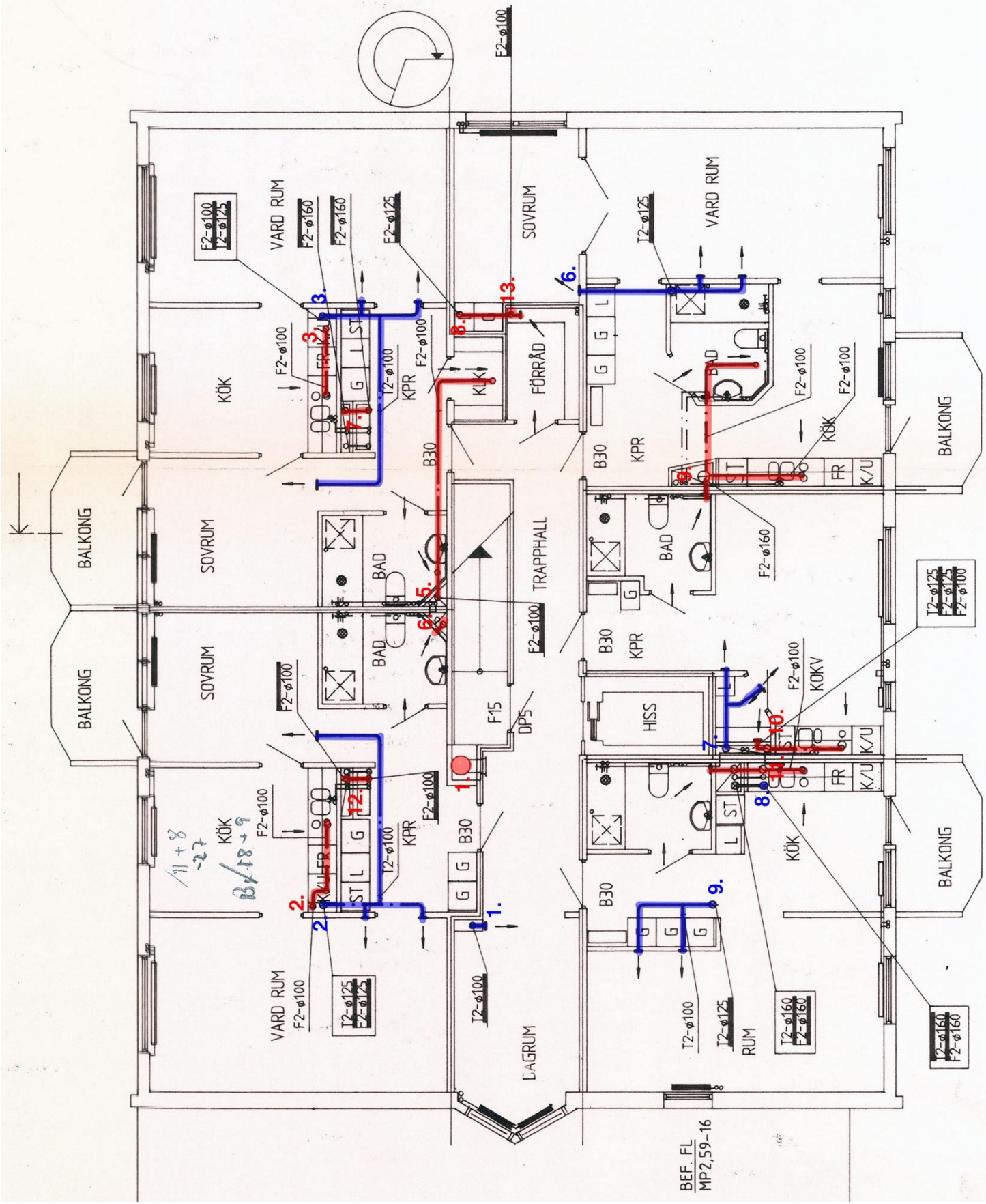
BEF. FL  
MP50-35



1 R o K 42M  
1 R o KVRÅ 28M  
1 R o K 47M  
KOMPLETTERINGSLÄGENHET

# HUS 10 , PLAN 2



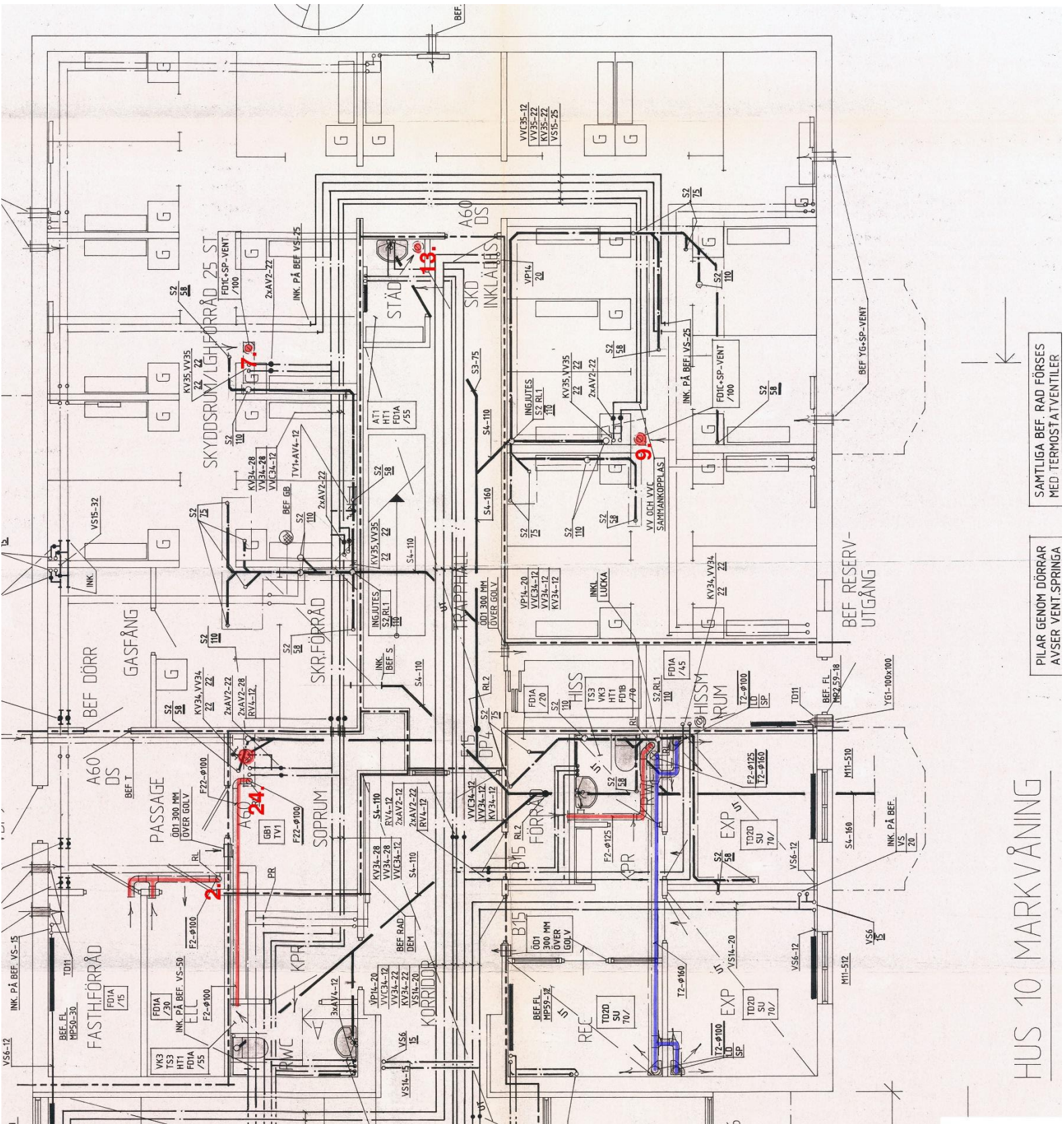


11 + 8  
- 27  
Kök  
B/18 + 9

BEF. FL  
MP2,59-16

1 R O K 43M  
1 R O KVRÅ 28M  
1 1/2 R O K 58M  
KOMPLETTERINGSLÄGENHET

HUS 10, PLAN 1



HUS 10 MARKVÅNING

PILAR GENOM DÖRRAR  
AVSER VENT SPRINGA

SAMTLIGA BEF. RAD FÖRSES  
MED TERMOSTATVENTILER

## Bilaga B – Brandscenarier

### B.1 Beräkningar för Brandscenario 1 - Brand i korridor

I detta avsnitt redovisas använda ekvationer och tabellerade värden för brand i korridor.

**Tabell B.1.** Dimensionerande data för brandbelastning i dagrum i korridoren (Särdqvist, 1993; Karlsson & Quintiere, 2000).

Objekt	Brandbelastning [MJ]
Soffa	720
Fåtöljer	130
Gardiner	80
Bord	100
TV	90
Övrigt	80
	<b>Totalt: 1200</b>

**Tabell B.2.** Dimensionerande data för bränder i soffor (Särdqvist, 1993; Karlsson & Quintiere, 2000).

Typ av soffa	HRR [kW]	Tid [s]	Tillväxthastighet ( $\alpha$ )
Träram 65 kg	700	180	0,020
Stålam	1500	180	0,046
Stålam	1800	180	0,052
Stålam	3000	180	0,093
Träram 51,5 kg			0,11

**Tabell B.3.** Beräknad effektutveckling för möbler i dagrum i korridor, vilka ligger bakom framtagna effektutvecklingskurva i Figur 8.3.

Tid (s)	HRR Soffa (kW)	HRR Fåtölj (kW)	HRR Gardin (kW)	HRR Totalt (kW)	HRR Tillväxthastighet ultrafast (kW)	HRR Tillväxthastighet fast (kW)
0	0	0	0	0	0	0
60	100	0	0	100	684	169,2
120	300	0	1200	1500	2736	676,8
180	1500	570	300	2370		1522,8
240	2500	560	0	3060		2707,2
300	3100	0	0	3100		4230
360	2700	0	0	2700		
420	3100	0	0	3100		
480	1000	0	0	1000		
540	300	0	0	300		
600	250	0	0	250		
660	200	0	0	200		

För att beräkna infallande strålning används *Ekvation B.1* (Staffansson, 2010).

$$\dot{Q} = \frac{\dot{q}_r'' 4\pi R^2}{X_r} \quad \text{Ekvation B.1}$$

$\dot{Q}$ = brandeffekt då nästa föremål antänds	[kW]
$\dot{q}_r''$ = infallande strålning vid antändning	[kW/m <sup>2</sup> ]
R = avstånd från mitten på flamma till fåtölj och gardiner	[m]
$X_r$ = strålningsandel	[-]

Tiden det tar för fåtölj och gardiner att antändas beräknas genom *Ekvation B.2*. (Staffson, 2010)

$$t = \sqrt{\frac{\dot{Q}}{\alpha}} \quad \text{Ekvation B.2}$$

t = tid för antändning	[s]
$\dot{Q}$ = brandeffekt från startföremål	[kW]
$\alpha$ = tillväxthastighet	[kW/s <sup>2</sup> ]

Tiden det tar innan den dimensionerande branden avtar beräknas genom *Ekvation B.3* (Staffansson, 2010).

$$E = \int_0^t \dot{Q}(t) dt \quad \text{Ekvation B.3}$$

$\dot{Q}(t)$ = brandeffekt på fåtölj och gardiner	[kW]
t = tid	[s]
E = brandbelastning	[MJ]

## B.2 Beräkningar för brand i lägenhet

I detta avsnitt redovisas använda ekvationer för brand i lägenhet. *Ekvation B.4* kan användas för att uppskatta vid vilken effekt övertändning av ett brandrum inträffar. (Karlsson och Quintiere, 2000).

$$\dot{Q}_{FO} = 610(h_k A_T A_o \sqrt{H_o})^{1/2} \quad \text{Ekvation B.4}$$

$\dot{Q}_{FO}$ = Brandeffekt vid övertändning	[kW]
$h_k$ = Effektiv värmeöverföringskoefficient	[W/m <sup>2</sup> K]
$A_T$ = Total omslutningsarea minus dörröppning	[m <sup>2</sup> ]
$A_o$ = Dörröppningens area	[m <sup>2</sup> ]
$H_o$ = Dörröppningens höjd	[m]

$$h_k = \sqrt{\frac{k\rho c}{t}} \quad \text{Ekvation B.5}$$

$h_k$ = Effektiv värmeöverföringskoefficient	[W/m <sup>2</sup> K]
$k\rho c$ = Termisk tröghet (Se <i>Tabell 9.1</i> )	[W <sup>2</sup> s/m <sup>4</sup> K <sup>2</sup> ]
$t$ = karakteristisk tid	[s]

**Tabell B.4.** Brandeffekt vid övertändning för brand i lägenhet.

Brandeffekt vid övertändning [MW]	Karakteristisk tid [min]
4,0	2
3,6	3
3,1	5
2,6	10

Massflöde luft in genom dörren uppskattas med *Ekvation B.5* (Karlsson och Quintiere, 2000).

$$\dot{m}_a = 0,5 * A_o * \sqrt{H_o} \quad \text{Ekvation B.6}$$

$\dot{m}_a$ = Massflöde luft in genom dörren	[kg/s]
$A_o$ = Dörröppningens area	[m <sup>2</sup> ]
$H_o$ = Dörröppningens höjd	[m]

## B.3 Beräkningar för brand i tvättstuga

Underlag för att ta fram dimensionerande brand finns i *Tabell B.4*. Se *Figur 8.7*.

**Tabell B.4.** Underlag för brand i tvättstuga. Källa: Hietaniemi et al. (2001).

Objekt	HRR [kW]	Tid [s]	Tillväxthastighet
Tvättmaskin	430	660	0,0009 (för slow)
Torktumlare	430	660	0,0009 (för slow)
Kläder 13,5 kg	180	300	0,002 (jätteslow)

## Bilaga C – FDS

I denna bilaga redovisas härledning av parametrar för modellering av bränderna och koden som användes i FDS för de tre brandscenerierna.

### C.1 Härledning av parametrar för modellering av bränder

I detta avsnitt redovisas hur parametrarna `SPEAD_RATE`, `RADIUS` och `MASS_FLUX` härleds för att ge rätt effektutveckling i simuleringarna i Brandscenario 1 och Brandscenario 2 i FDS. Bränderna modelleras med cirkulära `&SURF`. `SPREAD_RATE` specificerar brandytans radiella tillväxt. `RADIUS` specificerar brandytans maximala radie och `MASS_FLUX` specificerar massflödet av bränsle vid bränsleytan.

Arean som funktion av radien för en cirkel ges av *Ekvation C.1*.

$$A(r) = \pi r^2 \quad \text{Ekvation C.1}$$

Radien som funktion av tiden ges av *Ekvation C.2*.  $k$  är den radiella tillväxthastigheten av branden, `SPREAD_RATE`.

$$r(t) = kt \quad \text{Ekvation C.2}$$

Differentiering av *Ekvation C.1* och *Ekvation C.2* ger:

$$\frac{dA}{dr} = 2\pi r \quad \text{Ekvation C.3}$$

$$\frac{dr}{dt} = k \quad \text{Ekvation C.4}$$

Kedjeregeln ger:

$$\frac{dA}{dt} = \frac{dA}{dr} \frac{dr}{dt} \quad \text{Ekvation C.5}$$

Insättning av *Ekvation C.3* och *Ekvation C.4* i *Ekvation C.5* ger:

$$\frac{dA}{dt} = 2\pi k^2 \int t dt \quad \text{Ekvation C.6}$$

Integration med avseende på tiden ger ett uttryck för arean som funktion av tiden:

$$A(t) = \pi k^2 t^2 \quad \text{Ekvation C.7}$$

Önskad HRRPUA bestäms i *Kapitel 9* och maximal effektutveckling för brandscenarierna bestäms i *Kapitel 8*. Detta medför att maximal area för branden kan beräknas med *Ekvation C.8*.

$$A_{max} = \frac{\dot{Q}_{max}}{HRRPUA} \quad \text{Ekvation C.8}$$

En kvadratisk brandtillväxtkurva kan beskrivas med *Ekvation C.9*.

$$\dot{Q} = \alpha t^2 \quad \text{Ekvation C.9}$$

Maximal radie kan beräknas med *Ekvation C.10*.

$$RADIUS = \sqrt{\frac{A}{\pi}} \quad \text{Ekvation C.10}$$

Omflyttning av *Ekvation C.7* och insättning av *Ekvation C.9* och *Ekvation C.10* ger *Ekvation C.11*.

$$SPREAD\_RATE = \sqrt{\frac{A_{max}}{\pi * \frac{\dot{Q}_{max}}{\alpha}}} \quad \text{Ekvation C.11}$$

Massflöde från brännaren beräknas med *Ekvation C.12*.

$$MASS\_FLUX = \frac{HRRPUA}{\Delta H_c} \quad \text{Ekvation C.12}$$

Beräknande värde för dessa parametrar återfinns i koden som kördes i FDS i denna bilaga.

## C.2 Input för Brandscenario 1

Nedan presenteras beräkningar och kod för brand i korridor.

```
&HEAD          CHID='KORRIDOR'
                TITLE='Brand i KORRIDOR' /

&TIME          T_END=300.0 /

Korridor X mellan 0.0 och 20.0. Y mellan 12.5 och 15.0

&MESH          IJK=135,27,27, XB=-0.8, 12.7, 12.4, 15.1, 0.0, 2.7 /           CELLER = 98415
&MESH          IJK=75,90,27, XB=12.7, 20.2, 6.1, 15.1, 0.0, 2.7 /           CELLER = 182250

                                                    SUMMA CELLER = 280665

&MATL          ID='CONCRETE'
                CONDUCTIVITY=1.3
                DENSITY=2100
                SPECIFIC_HEAT=0.88 /

&SURF          ID='WALL'
                MATL_ID='CONCRETE'
                THICKNESS=0.10
                BACKING='EXPOSED' /

&SURF          ID='LEAK'
                MATL_ID='CONCRETE'
                THICKNESS=0.10
                BACKING='EXPOSED'
                LEAK_PATH=1,0 /

&MISC SURF_DEFAULT='WALL' /

&ZONE XB=0.0, 20.0, 6.3, 12.5, 0.2, 2.6, LEAK_AREA(0)=0.17 /

&VENT MB='ZMAX', SURF_ID='OPEN' /
&VENT MB='ZMIN', SURF_ID='OPEN' /
&VENT MB='XMAX', SURF_ID='OPEN' /
&VENT MB='XMIN', SURF_ID='OPEN' /
&VENT MB='YMAX', SURF_ID='OPEN' /
&VENT MB='YMIN', SURF_ID='OPEN' /

--ELD---

&REAC          ID='MATERIAL'
                C=1
                H=1.5
                O=0.24
                N=0.08
                HEAT_OF_COMBUSTION=18000
                SOOT_YIELD=0.156
                CO_YIELD=0.06
                IDEAL=.FALSE. /

HRRPUA=1375 och 3500 MW ger Area 2.55 m2 och Radie = 0.90 m. Spread_rate = 0.00657

&SURF ID='BURNER', MASS_FLUX(1)=0.0764, SPEC_ID(1)='MATERIAL', TAU_MF(1)=0.01 /

&VENT XB=18., 19.8, 13.0, 14.8, 0.7, 0.7, XYZ=18.9, 13.9, 0.7, RADIUS=0.9, SURF_ID='BURNER', COLOR='RED',
SPREAD_RATE=0.00664 /
&OBST XB=18., 19.8, 13.0, 14.8, 0.2, 0.7, COLOR='BLUE' /
```



```

&RADI          RADIATION=.TRUE.
                NUMBER_RADIATION_ANGLES=100
                RADIATIVE_FRACTION=0.3 /

---VÄGGAR UT FRÅN MESHEN---
&OBST XB=-0.8, 8.8, 15.0, 15.1, 0.2, 2.6, COLOR='AQUAMARINE', SURF_ID='LEAK' /
&OBST XB=12.2, 20.2, 15.0, 15.1, 0.2, 2.6, COLOR='AQUAMARINE', SURF_ID='LEAK' /
&OBST XB=-0.8, 0.0, 12.5, 15.0, 0.2, 2.6, COLOR='AQUAMARINE', SURF_ID='LEAK' /
&OBST XB=20.0, 20.2, 6.1, 15.0, 0.2, 2.6, COLOR='AQUAMARINE', SURF_ID='LEAK' /
&OBST XB=-0.8, 7.5, 12.4, 12.5, 0.2, 2.6, COLOR='AQUAMARINE', SURF_ID='LEAK' /
&OBST XB=7.3, 7.4, 6.1, 12.4, 0.2, 2.6, COLOR='AQUAMARINE', SURF_ID='LEAK' /
&OBST XB=7.4, 12.6, 6.1, 6.3, 0.2, 2.6, COLOR='AQUAMARINE', SURF_ID='LEAK' /
&OBST XB=12.7, 20.0, 6.1, 6.3, 0.2, 2.6, COLOR='AQUAMARINE', SURF_ID='LEAK' /

---VÄGGAR INOM MESHEN---
&OBST XB=7.5, 8.9, 12.4, 12.5, 0.2, 2.6, COLOR='FIREBRICK' /
&OBST XB=8.9, 20.2, 12.4, 12.5, 0.2, 2.6, COLOR='AQUAMARINE' /
&OBST XB=8.8, 12.2, 15.0, 15.1, 0.2, 2.6, COLOR='AQUAMARINE' /
&OBST XB=12.6, 12.7, 6.1, 12.4, 0.2, 2.6, COLOR='AQUAMARINE' /
&HOLE XB=17.4, 19.0, 12.4, 12.5, 0.2, 2.3 /

---BJÄKLAG---
&OBST XB=-0.8, 20.2, 12.4, 15.1, 0.0, 0.2, COLOR='GRAY' /
&OBST XB=7.3, 20.2, 6.1, 12.4, 0.0, 0.2, COLOR='GRAY' /
&OBST XB=-0.8, 20.2, 12.4, 15.1, 2.6, 2.7, COLOR='WHITE', OUTLINE=.TRUE. /
&OBST XB=7.3, 20.2, 6.1, 12.4, 2.6, 2.7, COLOR='WHITE', OUTLINE=.TRUE. /

---TRAPPOR---
&OBST XB=8.8, 12.2, 13.9, 14.0, 0.2, 2.6, COLOR='AQUAMARINE' /
&OBST XB=8.7, 8.8, 13.9, 15.0, 0.2, 2.6, COLOR='AQUAMARINE' /
&OBST XB=9.8, 10.0, 14.0, 15.0, 0.2, 0.4, COLOR='IVORY BLACK' /
&OBST XB=10.0, 10.2, 14.0, 15.0, 0.4, 0.6, COLOR='IVORY BLACK' /
&OBST XB=10.2, 10.4, 14.0, 15.0, 0.6, 0.8, COLOR='IVORY BLACK' /
&OBST XB=10.4, 10.6, 14.0, 15.0, 0.8, 1.0, COLOR='IVORY BLACK' /
&OBST XB=10.6, 10.8, 14.0, 15.0, 1.0, 1.2, COLOR='IVORY BLACK' /
&OBST XB=10.8, 11.0, 14.0, 15.0, 1.2, 1.4, COLOR='IVORY BLACK' /
&OBST XB=11.0, 11.2, 14.0, 15.0, 1.4, 1.6, COLOR='IVORY BLACK' /
&OBST XB=11.2, 11.4, 14.0, 15.0, 1.6, 1.8, COLOR='IVORY BLACK' /
&OBST XB=11.4, 11.6, 14.0, 15.0, 1.8, 2.0, COLOR='IVORY BLACK' /
&OBST XB=11.6, 11.8, 14.0, 15.0, 2.0, 2.2, COLOR='IVORY BLACK' /
&OBST XB=11.8, 12.0, 14.0, 15.0, 2.2, 2.4, COLOR='IVORY BLACK' /
&OBST XB=12.0, 12.2, 14.0, 15.0, 2.4, 2.6, COLOR='IVORY BLACK' /
&HOLE XB=12.0, 12.2, 13.9, 14.0, 0.2, 2.4, COLOR='IVORY BLACK' /
&HOLE XB=11.8, 12.0, 13.9, 14.0, 0.2, 2.2, COLOR='IVORY BLACK' /
&HOLE XB=11.6, 11.8, 13.9, 14.0, 0.2, 2.0, COLOR='IVORY BLACK' /
&HOLE XB=11.4, 11.6, 13.9, 14.0, 0.2, 1.8, COLOR='IVORY BLACK' /
&HOLE XB=11.2, 11.4, 13.9, 14.0, 0.2, 1.6, COLOR='IVORY BLACK' /
&HOLE XB=11.0, 11.2, 13.9, 14.0, 0.2, 1.4, COLOR='IVORY BLACK' /
&HOLE XB=10.8, 11.0, 13.9, 14.0, 0.2, 1.2, COLOR='IVORY BLACK' /
&HOLE XB=10.6, 10.8, 13.9, 14.0, 0.2, 1.0, COLOR='IVORY BLACK' /
&HOLE XB=10.4, 10.6, 13.9, 14.0, 0.2, 0.8, COLOR='IVORY BLACK' /
&HOLE XB=10.2, 10.4, 13.9, 14.0, 0.2, 0.6, COLOR='IVORY BLACK' /
&HOLE XB=10.0, 10.2, 13.9, 14.0, 0.2, 0.4, COLOR='IVORY BLACK' /

--OUTPUTS---
---SLICES I LÄGENHETEN---
&SLCF XB=10.0, 10.0, 6.1, 15.1, 0.2, 2.6, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF XB=10.0, 10.0, 6.1, 15.1, 0.2, 2.6, QUANTITY='TEMPERATURE'
&SLCF XB=10.0, 10.0, 6.1, 15.1, 0.2, 2.6, QUANTITY='TURBULENCE RESOLUTION' /
&SLCF XB=10.0, 10.0, 6.1, 15.1, 0.2, 2.6, QUANTITY='PRESSURE' /

```

&SLCF XB=10.0, 10.0, 6.1, 15.1, 0.2, 2.6, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='CARBON DIOXIDE' /  
&SLCF XB=10.0, 10.0, 6.1, 15.1, 0.2, 2.6, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='CARBON MONOXIDE' /  
&SLCF XB=10.0, 10.0, 6.1, 15.1, 0.2, 2.6, QUANTITY='VOLUME FRACTION',  
SPEC\_ID='OXYGEN' /  
&SLCF XB=10.0, 10.0, 6.1, 15.1, 0.2, 2.6, QUANTITY='MASS FRACTION',  
SPEC\_ID='CARBON DIOXIDE' /  
&SLCF XB=10.0, 10.0, 6.1, 15.1, 0.2, 2.6, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC\_ID='CARBON MONOXIDE' /  
&SLCF XB=10.0, 10.0, 6.1, 15.1, 0.2, 2.6, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC\_ID='OXYGEN' /

--SLICES I KORRIDOREN--

&SLCF XB=0.0, 20.0, 13.80, 13.80, 0.2, 2.6, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /  
&SLCF XB=0.0, 20.0, 13.80, 13.80, 0.2, 2.6, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&SLCF XB=0.0, 20.0, 13.80, 13.80, 0.2, 2.6, QUANTITY='TURBULENCE RESOLUTION' /  
&SLCF XB=0.0, 20.0, 13.80, 13.80, 0.2, 2.6, QUANTITY='PRESSURE' /  
&SLCF XB=0.0, 20.0, 13.80, 13.80, 0.2, 2.6, QUANTITY='VOLUME FRACTION',  
SPEC\_ID='CARBON DIOXIDE' /  
&SLCF XB=0.0, 20.0, 13.80, 13.80, 0.2, 2.6, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='CARBON MONOXIDE' /  
&SLCF XB=0.0, 20.0, 13.80, 13.80, 0.2, 2.6, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='OXYGEN' /  
&SLCF XB=0.0, 20.0, 13.80, 13.80, 0.2, 2.6, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='SOOT' /  
&SLCF XB=0.0, 20.0, 13.80, 13.80, 0.2, 2.6, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC\_ID='CARBON DIOXIDE' /  
&SLCF XB=0.0, 20.0, 13.80, 13.80, 0.2, 2.6, QUANTITY='MASS FRACTION',  
SPEC\_ID='CARBON MONOXIDE' /  
&SLCF XB=0.0, 20.0, 13.80, 13.80, 0.2, 2.6, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC\_ID='OXYGEN' / &SLCF XB=0.0,  
20.0, 13.80, 13.80, 0.2, 2.6, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC\_ID='SOOT' /  
&SLCF XB=0.0, 20.0, 13.80, 13.80, 0.2, 2.6, QUANTITY='VISIBILITY' /

---SLICES I KÖKET---

&SLCF XB=18.2, 18.2, 6.1, 15.1, 0.2, 2.6, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /  
&SLCF XB=18.2, 18.2, 6.1, 15.1, 0.2, 2.6, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&SLCF XB=18.2, 18.2, 6.1, 15.1, 0.2, 2.6, QUANTITY='TURBULENCE RESOLUTION' /  
&SLCF XB=18.2, 18.2, 6.1, 15.1, 0.2, 2.6, QUANTITY='PRESSURE' /  
&SLCF XB=18.2, 18.2, 6.1, 15.1, 0.2, 2.6, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='CARBON DIOXIDE' /  
  
&SLCF XB=18.2, 18.2, 6.1, 15.1, 0.2, 2.6, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='CARBON MONOXIDE' /  
&SLCF XB=18.2, 18.2, 6.1, 15.1, 0.2, 2.6, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='OXYGEN' /  
&SLCF XB=18.2, 18.2, 6.1, 15.1, 0.2, 2.6, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='SOOT' /  
&SLCF XB=18.2, 18.2, 6.1, 15.1, 0.2, 2.6, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC\_ID='CARBON DIOXIDE' /  
&SLCF XB=18.2, 18.2, 6.1, 15.1, 0.2, 2.6, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC\_ID='CARBON MONOXIDE' /  
&SLCF XB=18.2, 18.2, 6.1, 15.1, 0.2, 2.6, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC\_ID='OXYGEN' /  
&SLCF XB=18.2, 18.2, 6.1, 15.1, 0.2, 2.6, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC\_ID='SOOT' /

---TEMPERATUR I FLAMMAN---

&DEVC ID='FLAME\_TEMP1', XYZ=18.9, 13.9, 0.7, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='FLAME\_TEMP2', XYZ=18.9, 13.9, 0.7, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='FLAME\_TEMP3', XYZ=18.9, 13.9, 0.7, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='FLAME\_TEMP4', XYZ=18.9, 13.9, 0.7, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='FLAME\_TEMP5', XYZ=18.9, 13.9, 0.7, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='FLAME\_TEMP6', XYZ=18.9, 13.9, 0.7, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='FLAME\_TEMP7', XYZ=18.9, 13.9, 0.7, QUANTITY='TEMPERATURE' /

--BRANDGASLAGRETS HÖJD--

&DEVC XB=16.4,16.4,9.4,9.4,0.2,2.6, QUANTITY='LAYER HEIGHT', ID='BRANDGASLAGER\_KOK' /  
&DEVC XB=5.0,5.0,13.75,13.75,0.2,2.6, QUANTITY='LAYER HEIGHT',  
ID='BRANDGASLAGER\_KORRIDOR\_LEFT' /  
&DEVC XB=17.0,17.0,13.75,13.75,0.2,2.6, QUANTITY='LAYER HEIGHT',  
ID='BRANDGASLAGER\_KORRIDOR\_RIGHT' /

---BNDF---

&BNDF QUANTITY='WALL TEMPERATURE' /

```
---DETEKTORER---  
&DEVC ID='DET1_KORR', XYZ=5.0, 13.80, 2.5, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='DET2_KORR', XYZ=17.0, 13.80, 2.5, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='DET_LGH', XYZ=10.0, 7.2, 2.5, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='DET_LGH', XYZ=17.8, 7.2, 2.5, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
  
&TAIL /
```

## C.3 Input för brandscenario 2

&HEAD CHID='LGH-2'  
TITLE='Brand i lägenhet - fast till 2,3 MW' /

&TIME T\_END=600.0 /

Korridor X mellan 0.0 och 20.0. Y mellan 12.5 och 15.0

&MESH IJK=75,27,27, XB=-0.2, 7.3, 12.4, 15.1, 0.0, 2.7 / CELLER= 54675  
&MESH IJK=54,90,27, XB=7.3, 12.7, 6.1, 15.1, 0.0, 2.7 / CELLER= 131220  
&MESH IJK=75,90,27, XB=12.7, 20.2, 6.1, 15.1, 0.0, 2.7 / CELLER= 182250  
SUMMA CELLER= 368145

&MATL ID='CONCRETE'  
CONDUCTIVITY=1.3  
DENSITY=2100  
SPECIFIC\_HEAT=0.88 /

&SURF ID='WALL'  
MATL\_ID='CONCRETE'  
THICKNESS=0.10  
BACKING='EXPOSED' /

&SURF ID='LEAK'  
MATL\_ID='CONCRETE'  
THICKNESS=0.10  
BACKING='EXPOSED'  
LEAK\_PATH=1,0 /

&MISC SURF\_DEFAULT='WALL' /

&ZONE XB=0.0, 20.0, 6.3, 12.5, 0.2, 2.6, LEAK\_AREA(0)=0.21 /

&VENT MB='ZMAX', SURF\_ID='OPEN' /  
&VENT MB='ZMIN', SURF\_ID='OPEN' /  
&VENT MB='XMAX', SURF\_ID='OPEN' /  
&VENT MB='XMIN', SURF\_ID='OPEN' /  
&VENT MB='YMAX', SURF\_ID='OPEN' /  
&VENT MB='YMIN', SURF\_ID='OPEN' /

---ELD---

&REAC ID='PU'  
C=1  
H=1.5  
O=0.24  
N=0.08  
HEAT\_OF\_COMBUSTION=18000  
SOOT\_YIELD=0.156  
CO\_YIELD=0.03  
IDEAL=.FALSE. /

HRRPUA=1494 och QMAX=2300 och FAST (0,047 kW/m2) => Area på cirkulär brännare = 1.54 m2 och Radie = 0.70 och  
SPREAD\_RATE = 0,003165

&SURF ID='BURNER', MASS\_FLUX(1)=0.083, SPEC\_ID(1)='PU', TAU\_MF(1)=0.01 /  
&VENT XB=9.3, 10.7, 6.6, 8.0, 0.7, 0.7, XYZ=10.0, 7.3, 0.7, RADIUS=0.7, SURF\_ID='BURNER', COLOR='RED',  
SPREAD\_RATE=0.003165 /  
&OBST XB=9.3, 10.7, 6.6, 8.0, 0.2, 0.7, COLOR='BLUE' /

&RADI RADIATION=.TRUE.  
NUMBER\_RADIATION\_ANGLES=100  
RADIATIVE\_FRACTION=0.3 /

---VÄGGAR UT FRÅN MESHEN---

&OBST XB=-0.2, 8.8, 15.0, 15.1, 0.2, 2.6, COLOR='AQUAMARINE', SURF\_ID='LEAK' /  
&OBST XB=12.2, 20.2, 15.0, 15.1, 0.2, 2.6, COLOR='AQUAMARINE', SURF\_ID='LEAK' /  
&OBST XB=-0.2, 0.0, 12.5, 15.0, 0.2, 2.6, COLOR='AQUAMARINE', SURF\_ID='LEAK' /  
&OBST XB=20.0, 20.2, 6.1, 15.0, 0.2, 2.6, COLOR='AQUAMARINE', SURF\_ID='LEAK' /

&OBST XB=-0.2, 7.5, 12.4, 12.5, 0.2, 2.6, COLOR='AQUAMARINE', SURF\_ID='LEAK' /  
&OBST XB=7.3, 7.4, 6.1, 12.4, 0.2, 2.6, COLOR='AQUAMARINE', SURF\_ID='LEAK' /  
&OBST XB=7.4, 12.6, 6.1, 6.3, 0.2, 2.6, COLOR='AQUAMARINE', SURF\_ID='LEAK' /  
&OBST XB=12.7, 20.0, 6.1, 6.3, 0.2, 2.6, COLOR='AQUAMARINE', SURF\_ID='LEAK' /

---VÄGGAR INOM MESHEN---

&OBST XB=7.5, 8.9, 12.4, 12.5, 0.2, 2.6, COLOR='FIREBRICK' /  
&OBST XB=8.9, 20.2, 12.4, 12.5, 0.2, 2.6, COLOR='AQUAMARINE' /  
&OBST XB=8.8, 12.2, 15.0, 15.1, 0.2, 2.6, COLOR='AQUAMARINE' /  
&OBST XB=12.6, 12.7, 6.1, 12.4, 0.2, 2.6, COLOR='AQUAMARINE', /  
&HOLE XB=9.4, 10.4, 12.4, 12.5, 0.2, 2.3 /  
&HOLE XB=17.4, 19.0, 12.4, 12.5, 0.2, 2.3 /

---BJÄKLAG---

&OBST XB=-0.2, 20.2, 12.4, 15.1, 0.0, 0.2, COLOR='GRAY' /  
&OBST XB=7.3, 20.2, 6.1, 12.4, 0.0, 0.2, COLOR='GRAY' /  
&OBST XB=-0.2, 20.2, 12.4, 15.1, 2.6, 2.7, COLOR='WHITE', OUTLINE=.TRUE. /  
&OBST XB=7.3, 20.2, 6.1, 12.4, 2.6, 2.7, COLOR='WHITE', OUTLINE=.TRUE. /

---HISS---

&OBST XB=7.4, 9.0, 9.7, 12.4, 0.2, 2.6, COLOR='WHITE' /

---TRAPPOR---

&OBST XB=8.8, 12.2, 13.9, 14.0, 0.2, 2.6, COLOR='SEA GREEN' /  
&OBST XB=8.7, 8.8, 13.9, 15.0, 0.2, 2.6, COLOR='SEA GREEN' /

&OBST XB=9.8, 10.0, 14.0, 15.0, 0.2, 0.4, COLOR='IVORY BLACK' /  
&OBST XB=10.0, 10.2, 14.0, 15.0, 0.4, 0.6, COLOR='IVORY BLACK' /  
&OBST XB=10.2, 10.4, 14.0, 15.0, 0.6, 0.8, COLOR='IVORY BLACK' /  
&OBST XB=10.4, 10.6, 14.0, 15.0, 0.8, 1.0, COLOR='IVORY BLACK' /  
&OBST XB=10.6, 10.8, 14.0, 15.0, 1.0, 1.2, COLOR='IVORY BLACK' /  
&OBST XB=10.8, 11.0, 14.0, 15.0, 1.2, 1.4, COLOR='IVORY BLACK' /  
&OBST XB=11.0, 11.2, 14.0, 15.0, 1.4, 1.6, COLOR='IVORY BLACK' /  
&OBST XB=11.2, 11.4, 14.0, 15.0, 1.6, 1.8, COLOR='IVORY BLACK' /  
&OBST XB=11.4, 11.6, 14.0, 15.0, 1.8, 2.0, COLOR='IVORY BLACK' /  
&OBST XB=11.6, 11.8, 14.0, 15.0, 2.0, 2.2, COLOR='IVORY BLACK' /  
&OBST XB=11.8, 12.0, 14.0, 15.0, 2.2, 2.4, COLOR='IVORY BLACK' /  
&OBST XB=12.0, 12.2, 14.0, 15.0, 2.4, 2.6, COLOR='IVORY BLACK' /

&HOLE XB=12.0, 12.2, 13.9, 14.0, 0.2, 2.4, COLOR='IVORY BLACK' /  
&HOLE XB=11.8, 12.0, 13.9, 14.0, 0.2, 2.2, COLOR='IVORY BLACK' /  
&HOLE XB=11.6, 11.8, 13.9, 14.0, 0.2, 2.0, COLOR='IVORY BLACK' /  
&HOLE XB=11.4, 11.6, 13.9, 14.0, 0.2, 1.8, COLOR='IVORY BLACK' /  
&HOLE XB=11.2, 11.4, 13.9, 14.0, 0.2, 1.6, COLOR='IVORY BLACK' /  
&HOLE XB=11.0, 11.2, 13.9, 14.0, 0.2, 1.4, COLOR='IVORY BLACK' /  
&HOLE XB=10.8, 11.0, 13.9, 14.0, 0.2, 1.2, COLOR='IVORY BLACK' /  
&HOLE XB=10.6, 10.8, 13.9, 14.0, 0.2, 1.0, COLOR='IVORY BLACK' /  
&HOLE XB=10.4, 10.6, 13.9, 14.0, 0.2, 0.8, COLOR='IVORY BLACK' /  
&HOLE XB=10.2, 10.4, 13.9, 14.0, 0.2, 0.6, COLOR='IVORY BLACK' /  
&HOLE XB=10.0, 10.2, 13.9, 14.0, 0.2, 0.4, COLOR='IVORY BLACK' /

--OUTPUTS---

---SLICES I LÄGENHETEN---

&SLCF XB=10.0, 10.0, 6.1, 15.1, 0.2, 2.6, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /  
&SLCF XB=10.0, 10.0, 6.1, 15.1, 0.2, 2.6, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&SLCF XB=10.0, 10.0, 6.1, 15.1, 0.2, 2.6, QUANTITY='TURBULENCE RESOLUTION' /  
&SLCF XB=10.0, 10.0, 6.1, 15.1, 0.2, 2.6, QUANTITY='PRESSURE' /  
&SLCF XB=10.0, 10.0, 6.1, 15.1, 0.2, 2.6, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='CARBON DIOXIDE' /  
&SLCF XB=10.0, 10.0, 6.1, 15.1, 0.2, 2.6, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='CARBON MONOXIDE' /  
&SLCF XB=10.0, 10.0, 6.1, 15.1, 0.2, 2.6, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='OXYGEN' /

--SLICES I KORRIDOREN---

&SLCF XB=0.0, 20.0, 13.80, 13.80, 0.2, 2.6, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /  
&SLCF XB=0.0, 20.0, 13.80, 13.80, 0.2, 2.6, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&SLCF XB=0.0, 20.0, 13.80, 13.80, 0.2, 2.6, QUANTITY='TURBULENCE RESOLUTION' /  
&SLCF XB=0.0, 20.0, 13.80, 13.80, 0.2, 2.6, QUANTITY='PRESSURE' /  
&SLCF XB=0.0, 20.0, 13.80, 13.80, 0.2, 2.6, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='CARBON DIOXIDE' /

&SLCF XB=0.0, 20.0, 13.80, 13.80, 0.2, 2.6, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='CARBON MONOXIDE'/  
&SLCF XB=0.0, 20.0, 13.80, 13.80, 0.2, 2.6, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='OXYGEN'/  
&SLCF XB=0.0, 20.0, 13.80, 13.80, 0.2, 2.6, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC\_ID='CARBON DIOXIDE'/  
&SLCF XB=0.0, 20.0, 13.80, 13.80, 0.2, 2.6, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC\_ID='CARBON MONOXIDE'/  
&SLCF XB=0.0, 20.0, 13.80, 13.80, 0.2, 2.6, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC\_ID='OXYGEN'/  
&SLCF XB=0.0, 20.0, 13.80, 13.80, 0.2, 2.6, QUANTITY='VISIBILITY' /  
&SLCF XB=0.0, 20.0, 13.80, 13.80, 0.2, 2.6, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC\_ID='SOOT'/  
&SLCF XB=0.0, 20.0, 13.80, 13.80, 0.2, 2.6, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='SOOT'/

---SLICES I KÖKET---

&SLCF XB=18.2, 18.2, 6.1, 15.1, 0.2, 2.6, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /  
&SLCF XB=18.2, 18.2, 6.1, 15.1, 0.2, 2.6, QUANTITY='TEMPERATURE'  
&SLCF XB=18.2, 18.2, 6.1, 15.1, 0.2, 2.6, QUANTITY='TURBULENCE RESOLUTION' /  
&SLCF XB=18.2, 18.2, 6.1, 15.1, 0.2, 2.6, QUANTITY='PRESSURE' /  
&SLCF XB=18.2, 18.2, 6.1, 15.1, 0.2, 2.6, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='CARBON DIOXIDE' /  
&SLCF XB=18.2, 18.2, 6.1, 15.1, 0.2, 2.6, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='CARBON MONOXIDE' /  
&SLCF XB=18.2, 18.2, 6.1, 15.1, 0.2, 2.6, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='OXYGEN' /  
&SLCF XB=18.2, 18.2, 6.1, 15.1, 0.2, 2.6, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC\_ID='CARBON DIOXIDE' /  
&SLCF XB=18.2, 18.2, 6.1, 15.1, 0.2, 2.6, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC\_ID='CARBON MONOXIDE' /  
&SLCF XB=18.2, 18.2, 6.1, 15.1, 0.2, 2.6, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC\_ID='OXYGEN' /  
&SLCF XB=18.2, 18.2, 6.1, 15.1, 0.2, 2.6, QUANTITY='VISIBILITY' /  
&SLCF XB=18.2, 18.2, 6.1, 15.1, 0.2, 2.6, QUANTITY='TEMPERATURE'  
&SLCF XB=18.2, 18.2, 6.1, 15.1, 0.2, 2.6, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='CARBON DIOXIDE' /  
&SLCF XB=18.2, 18.2, 6.1, 15.1, 0.2, 2.6, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='CARBON MONOXIDE' /  
&SLCF XB=18.2, 18.2, 6.1, 15.1, 0.2, 2.6, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='OXYGEN'  
&SLCF XB=18.2, 18.2, 6.1, 15.1, 0.2, 2.6, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='SOOT' /  
&SLCF XB=18.2, 18.2, 6.1, 15.1, 0.2, 2.6, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC\_ID='SOOT' /

---TEMPERATUR I FLAMMAN---

&DEVC ID='FLAME\_TEMP1', XYZ=10.0, 7.3, 1.2, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='FLAME\_TEMP2', XYZ=10.0, 7.3, 1.4, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='FLAME\_TEMP3', XYZ=10.0, 7.3, 1.6, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='FLAME\_TEMP4', XYZ=10.0, 7.3, 1.8, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='FLAME\_TEMP5', XYZ=10.0, 7.3, 2.0, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='FLAME\_TEMP6', XYZ=10.0, 7.3, 2.2, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='FLAME\_TEMP7', XYZ=10.0, 7.3, 2.4, QUANTITY='TEMPERATURE' /

---BRANDGASLAGRETS HÖJD---

&DEVC XB=16.4,16.4,9.4,9.4,0.2,2.6, QUANTITY='LAYER HEIGHT', ID='BRANDGASLAGER\_KOK' /  
&DEVC XB=5.0,5.0,13.80,13.80,0.2,2.6, QUANTITY='LAYER HEIGHT',  
ID='BRANDGASLAGER\_KORRIDOR\_LEFT'/  
&DEVC XB=10.0,10.0,13.80,13.80,0.2,2.6, QUANTITY='LAYER HEIGHT',  
ID='BRANDGASLAGER\_KORRIDOR\_MITT'/  
&DEVC XB=17.0,17.0,13.80,13.80,0.2,2.6, QUANTITY='LAYER HEIGHT',  
ID='BRANDGASLAGER\_KORRIDOR\_RIGHT' /

---BNDF and ISOF---

&BNDF QUANTITY='WALL TEMPERATURE' /

---DETEKTORER---

&DEVC ID='DET1\_KORR', XYZ=5.0, 13.80, 2.5, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='DET2\_KORR', XYZ=17.0, 13.80, 2.5, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='DET\_LGH', XYZ=10.0, 7.2, 2.5, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='DET\_LGH', XYZ=17.8, 7.2, 2.5, QUANTITY='TEMPERATURE' /

&TAIL /

## C.4 Input för brandscenario 3

```
&HEAD          CHID='TVATTSTUGA-2'
                TITLE='Brand i TVÄTTSTUGA' /

&TIME          T_END=1080.0 /

Korridor X mellan 0.0 och 24.0. Y mellan 12.5 och 15.0

&MESH          IJK=72,90,27, XB=-0.2, 7.0, 6.1, 15.1, 0.0, 2.7 /           CELLER=174960
&MESH          IJK=180,27,27, XB=7.0, 25.0, 12.4, 15.1, 0.0, 2.7 /       CELLER=131220
&MESH          IJK=40,30,27, XB=20.3, 24.3, 9.4, 12.4, 0.0, 2.7 /       CELLER= 32400

                                SUMMA CELLER = 338580

&MATL          ID='CONCRETE
                CONDUCTIVITY=1.3
                DENSITY=2100
                SPECIFIC_HEAT=0.88 /

&SURF          ID='WALL'
                MATL_ID='CONCRETE'
                THICKNESS=0.10
                BACKING='EXPOSED' /

&SURF          ID='LEAK'
                MATL_ID='CONCRETE'
                THICKNESS=0.10
                BACKING='EXPOSED'
                LEAK_PATH=1,0 /

&MISC          SURF_DEFAULT='WALL' /

&ZONE XB=0.0, 24.0, 6.2, 12.5, 0.2, 2.6, LEAK_AREA(0)=0.17 /

&VENT MB='ZMAX', SURF_ID='OPEN' /
&VENT MB='ZMIN', SURF_ID='OPEN' /
&VENT MB='XMAX', SURF_ID='OPEN' /
&VENT MB='XMIN', SURF_ID='OPEN' /
&VENT MB='YMAX', SURF_ID='OPEN' /
&VENT MB='YMIN', SURF_ID='OPEN' /

---ELD---

&REAC          ID='MATERIAL'
                C=8
                H=8
                O=5
                HEAT_OF_COMBUSTION=27500
                SOOT_YIELD=0.16
                CO_YIELD=0.06
                IDEAL=.FALSE. /

&OBST XB=0.3, 1.3, 9.3, 10.4, 0.2, 0.7, SURF_ID6='INERT', 'INERT', 'INERT', 'INERT', 'INERT', 'BURNER' /

&SURF ID='BURNER', HRRPUA=1330, RAMP_Q='eld', COLOR='RED' /

&RAMP ID='eld', T=0, F=0 /
&RAMP ID='eld', T=420, F=0.3158 /
&RAMP ID='eld', T=600, F=0.489 /
&RAMP ID='eld', T=900, F=0.99 /
&RAMP ID='eld', T=1080, F=0.21 /
```

&RADI RADIATION=.TRUE.  
 NUMBER\_RADIATION\_ANGLES=100  
 RADIATIVE\_FRACTION=0.3 /

&OBST XB=24.0, 25.0, 9.4, 15.1, 0.2, 2.6, COLOR='AQUAMARINE', SURF\_ID='LEAK' / XMAX KORRIDOR&OBST  
 XB=-0.2, 8.3, 15.0, 15.1, 0.2, 2.6, COLOR='AQUAMARINE', SURF\_ID='LEAK' / YMAX KORRIDOR

&OBST XB=8.3, 11.8, 15.0, 15.1, 0.2, 2.6, COLOR='AQUAMARINE' / YMAX KORRIDOR  
 &OBST XB=11.8, 24.0, 15.0, 15.1, 0.2, 2.6, COLOR='AQUAMARINE', SURF\_ID='LEAK' / YMAX KORRIDOR  
 &OBST XB=-0.2, 7.0, 12.4, 12.5, 0.2, 2.6, COLOR='AQUAMARINE' / YMIN KORRIDOR VÄNSTER  
 &OBST XB=7.0, 20.3, 12.4, 12.5, 0.2, 2.6, COLOR='AQUAMARINE', SURF\_ID='LEAK' / YMIN KORRIDOR  
 VÄNSTER

&OBST XB=0.7, 0.8, 12.6, 14.9, 0.2, 2.6, COLOR='AQUAMARINE' / DÖRR I XMIN  
 &OBST XB=-0.2, 0.8, 14.9, 15.0, 0.2, 2.6, COLOR='AQUAMARINE' / DÖRR I XMIN  
 &OBST XB=-0.2, 0.8, 12.5, 12.6, 0.2, 2.6, COLOR='AQUAMARINE' / DÖRR I XMIN  
 &OBST XB=20.3, 22.6, 9.4, 11.4, 0.2, 2.6, COLOR='AQUAMARINE' / BOX TILL HÖGER  
 &OBST XB=20.3, 21.7, 11.4, 12.5, 0.2, 2.6, COLOR='AQUAMARINE' / BOX TILL HÖGER  
 &OBST XB=21.7, 24.0, 9.4, 9.5, 0.2, 2.6, COLOR='AQUAMARINE' / VÄGG  
 &OBST XB=21.7, 21.8, 11.4, 12.4, 0.2, 2.6, COLOR='AQUAMARINE' / BOX TILL HÖGER  
 &OBST XB=21.8, 21.9, 11.4, 12.3, 0.2, 2.6, COLOR='AQUAMARINE' / BOX TILL HÖGER  
 &OBST XB=21.9, 22.0, 11.4, 12.2, 0.2, 2.6, COLOR='AQUAMARINE' / BOX TILL HÖGER  
 &OBST XB=22.0, 22.1, 11.4, 12.1, 0.2, 2.6, COLOR='AQUAMARINE' / BOX TILL HÖGER  
 &OBST XB=22.1, 22.2, 11.4, 12.0, 0.2, 2.6, COLOR='AQUAMARINE' / BOX TILL HÖGER  
 &OBST XB=22.2, 22.3, 11.4, 11.9, 0.2, 2.6, COLOR='AQUAMARINE' / BOX TILL HÖGER  
 &OBST XB=22.3, 22.4, 11.4, 11.8, 0.2, 2.6, COLOR='AQUAMARINE' / BOX TILL HÖGER  
 &OBST XB=22.4, 22.5, 11.4, 11.7, 0.2, 2.6, COLOR='AQUAMARINE' / BOX TILL HÖGER  
 &OBST XB=22.5, 22.6, 11.4, 11.6, 0.2, 2.6, COLOR='AQUAMARINE' / BOX TILL HÖGER  
 &OBST XB=-0.2, 25.0, 6.1, 15.1, 0.0, 0.2, COLOR='GRAY' / BJÄLKLAGE GOLV  
 &OBST XB=-0.2, 25.0, 6.1, 15.1, 2.6, 2.7, COLOR='WHITE', OUTLINE=.TRUE. / BJÄLKLAGE TAK  
 &OBST XB=-0.2, 0.0, 6.1, 12.4, 0.2, 2.6, COLOR='AQUAMARINE', SURF\_ID='LEAK' / XMIN TVÄTTSTUGA  
 &OBST XB=6.9, 7.0, 6.1, 12.4, 0.2, 2.6, COLOR='AQUAMARINE', SURF\_ID='LEAK' / XMAX TVÄTTSTUGA  
 &OBST XB=0.0, 6.9, 6.1, 6.2, 0.2, 2.6, COLOR='AQUAMARINE', SURF\_ID='LEAK' / YMIN TVÄTTSTUGA  
 &OBST XB=5.3, 6.9, 10.7, 12.4, 0.2, 2.6, COLOR='WHITE' / HISSRUM  
 &OBST XB=3.6, 5.3, 10.7, 10.8, 0.2, 2.6, COLOR='WHITE' / TOAVÄGG  
 &OBST XB=3.5, 3.6, 6.2, 12.4, 0.2, 2.6, COLOR='WHITE' / TORKRUMSVÄGG  
 &OBST XB=5.7, 7.1, 14.2, 15.0, 0.2, 2.6, COLOR='AQUAMARINE' / OBST I KORRIDOR

&HOLE XB=2.5, 3.3, 12.4, 12.5, 0.2, 2.3 / DÖRR TILL TVÄTTSTUGA  
 &HOLE XB=3.5, 3.6, 7.2, 8.0, 0.2, 2.3, / DÖRR TILL TORKRUM  
 &HOLE XB=3.5, 3.6, 11.6, 12.4, 0.2, 2.3 / DÖRR TILL TOA

---TRAPPOR---  
 &OBST XB=8.4, 11.8, 13.9, 14.0, 0.2, 2.6, COLOR='AQUAMARINE' /

&OBST XB=8.3, 8.4, 13.9, 15.0, 0.2, 2.6, COLOR='AQUAMARINE' /  
 &OBST XB=9.4, 9.6, 14.0, 15.0, 0.2, 0.4, COLOR='IVORY BLACK' /  
 &OBST XB=9.6, 9.8, 14.0, 15.0, 0.4, 0.6, COLOR='IVORY BLACK' /  
 &OBST XB=9.8, 10.0, 14.0, 15.0, 0.6, 0.8, COLOR='IVORY BLACK' /  
 &OBST XB=10.0, 10.2, 14.0, 15.0, 0.8, 1.0, COLOR='IVORY BLACK' /  
 &OBST XB=10.2, 10.4, 14.0, 15.0, 1.0, 1.2, COLOR='IVORY BLACK' /  
 &OBST XB=10.4, 10.6, 14.0, 15.0, 1.2, 1.4, COLOR='IVORY BLACK' /  
 &OBST XB=10.6, 10.8, 14.0, 15.0, 1.4, 1.6, COLOR='IVORY BLACK' /  
 &OBST XB=10.8, 11.0, 14.0, 15.0, 1.6, 1.8, COLOR='IVORY BLACK' /  
 &OBST XB=11.0, 11.2, 14.0, 15.0, 1.8, 2.0, COLOR='IVORY BLACK' /  
 &OBST XB=11.2, 11.4, 14.0, 15.0, 2.0, 2.2, COLOR='IVORY BLACK' /  
 &OBST XB=11.4, 11.6, 14.0, 15.0, 2.2, 2.4, COLOR='IVORY BLACK' /  
 &OBST XB=11.6, 11.8, 14.0, 15.0, 2.4, 2.6, COLOR='IVORY BLACK' /  
 &HOLE XB=11.6, 11.8, 13.9, 14.0, 0.2, 2.4, COLOR='IVORY BLACK' /  
 &HOLE XB=11.4, 11.6, 13.9, 14.0, 0.2, 2.2, COLOR='IVORY BLACK' /  
 &HOLE XB=11.2, 11.4, 13.9, 14.0, 0.2, 2.0, COLOR='IVORY BLACK' /  
 &HOLE XB=11.0, 11.2, 13.9, 14.0, 0.2, 1.8, COLOR='IVORY BLACK' /



&HOLE XB=10.8, 11.0, 13.9, 14.0, 0.2, 1.6, COLOR='IVORY BLACK' /  
&HOLE XB=10.6, 10.8, 13.9, 14.0, 0.2, 1.4, COLOR='IVORY BLACK' /  
&HOLE XB=10.4, 10.6, 13.9, 14.0, 0.2, 1.2, COLOR='IVORY BLACK' /  
&HOLE XB=10.2, 10.4, 13.9, 14.0, 0.2, 1.0, COLOR='IVORY BLACK' /  
&HOLE XB=10.0, 10.2, 13.9, 14.0, 0.2, 0.8, COLOR='IVORY BLACK' /  
&HOLE XB=9.8, 10.0, 13.9, 14.0, 0.2, 0.6, COLOR='IVORY BLACK' /  
&HOLE XB=9.6, 9.8, 13.9, 14.0, 0.2, 0.4, COLOR='IVORY BLACK' /

---Temperatur vid detektorer---

&DEVC ID='DET1', XYZ=9.0, 13.7, 2.6, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='DET1', XYZ=23.4, 13.7, 2.6, QUANTITY='TEMPERATURE' /

--OUTPUTS--

---SLICES I KORRIDOR Y---

&SLCF XB=0.0, 24, 13.80, 13.80, 0.2, 2.6, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /  
&SLCF XB=0.0, 24, 13.80, 13.80, 0.2, 2.6, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&SLCF XB=0.0, 24, 13.80, 13.80, 0.2, 2.6, QUANTITY='TURBULENCE RESOLUTION' /  
&SLCF XB=0.0, 24, 13.80, 13.80, 0.2, 2.6, QUANTITY='PRESSURE' /  
&SLCF XB=0.0, 24, 13.80, 13.80, 0.2, 2.6, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='CARBON DIOXIDE' /  
&SLCF XB=0.0, 24, 13.80, 13.80, 0.2, 2.6, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='CARBON MONOXIDE' /  
&SLCF XB=0.0, 24, 13.80, 13.80, 0.2, 2.6, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='OXYGEN' /  
&SLCF XB=0.0, 24, 13.80, 13.80, 0.2, 2.6, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC\_ID='CARBON DIOXIDE' /  
&SLCF XB=0.0, 24, 13.80, 13.80, 0.2, 2.6, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC\_ID='CARBON MONOXIDE' /  
&SLCF XB=0.0, 24, 13.80, 13.80, 0.2, 2.6, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC\_ID='OXYGEN' /  
&SLCF XB=0.0, 24, 13.80, 13.80, 0.2, 2.6, QUANTITY='VISIBILITY' /  
&SLCF XB=0.0, 24, 13.80, 13.80, 0.2, 2.6, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='SOOT' /  
&SLCF XB=0.0, 24, 13.80, 13.80, 0.2, 2.6, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC\_ID='SOOT' /

--SLICES I KORRIDOR Z---

&SLCF XB=0.0, 24.0, 12.50, 15.00, 2.0, 2.0, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /  
&SLCF XB=0.0, 24.0, 12.50, 15.00, 2.0, 2.0, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&SLCF XB=0.0, 24.0, 12.50, 15.00, 2.0, 2.0, QUANTITY='TURBULENCE RESOLUTION' /  
&SLCF XB=0.0, 24.0, 12.50, 15.00, 2.0, 2.0, QUANTITY='PRESSURE' /

&SLCF XB=0.0, 24.0, 12.50, 15.00, 2.0, 2.0, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='CARBON DIOXIDE' /  
&SLCF XB=0.0, 24.0, 12.50, 15.00, 2.0, 2.0, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='CARBON MONOXIDE' /  
&SLCF XB=0.0, 24.0, 12.50, 15.00, 2.0, 2.0, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='OXYGEN' /  
&SLCF XB=0.0, 24.0, 12.50, 15.00, 2.0, 2.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC\_ID='CARBON DIOXIDE' /  
&SLCF XB=0.0, 24.0, 12.50, 15.00, 2.0, 2.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC\_ID='CARBON MONOXIDE' /  
&SLCF XB=0.0, 24.0, 12.50, 15.00, 2.0, 2.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC\_ID='OXYGEN' /  
&SLCF XB=0.0, 24.0, 12.50, 15.00, 2.0, 2.0, QUANTITY='VISIBILITY' /  
&SLCF XB=0.0, 24.0, 12.50, 15.00, 2.0, 2.0, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='SOOT' /  
&SLCF XB=0.0, 24.0, 12.50, 15.00, 2.0, 2.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC\_ID='SOOT' /

---SLICES I TVÄTTSTUGAN Y---

&SLCF XB=0.0, 6.9, 12.4, 12.4, 0.2, 2.6, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /  
&SLCF XB=0.0, 6.9, 12.4, 12.4, 0.2, 2.6, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&SLCF XB=0.0, 6.9, 12.4, 12.4, 0.2, 2.6, QUANTITY='TURBULENCE RESOLUTION' /  
&SLCF XB=0.0, 6.9, 12.4, 12.4, 0.2, 2.6, QUANTITY='PRESSURE' /  
&SLCF XB=0.0, 6.9, 12.4, 12.4, 0.2, 2.6, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='CARBON DIOXIDE' /  
&SLCF XB=0.0, 6.9, 12.4, 12.4, 0.2, 2.6, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='CARBON MONOXIDE' /  
&SLCF XB=0.0, 6.9, 12.4, 12.4, 0.2, 2.6, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='OXYGEN' /  
&SLCF XB=0.0, 6.9, 12.4, 12.4, 0.2, 2.6, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC\_ID='CARBON DIOXIDE' /  
&SLCF XB=0.0, 6.9, 12.4, 12.4, 0.2, 2.6, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC\_ID='CARBON MONOXIDE' /  
&SLCF XB=0.0, 6.9, 12.4, 12.4, 0.2, 2.6, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC\_ID='OXYGEN' /  
&SLCF XB=0.0, 6.9, 12.4, 12.4, 0.2, 2.6, QUANTITY='VISIBILITY' /  
&SLCF XB=0.0, 6.9, 12.4, 12.4, 0.2, 2.6, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='SOOT' /  
&SLCF XB=0.0, 6.9, 12.4, 12.4, 0.2, 2.6, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC\_ID='SOOT' /

---SLICES I TVÄTTSTUGAN Z---

&SLCF XB=0.0, 6.9, 6.1, 12.4, 2.0, 2.0, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /  
&SLCF XB=0.0, 6.9, 6.1, 12.4, 2.0, 2.0, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&SLCF XB=0.0, 6.9, 6.1, 12.4, 2.0, 2.0, QUANTITY='TURBULENCE RESOLUTION' /  
&SLCF XB=0.0, 6.9, 6.1, 12.4, 2.0, 2.0, QUANTITY='PRESSURE' /  
&SLCF XB=0.0, 6.9, 6.1, 12.4, 2.0, 2.0, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='CARBON DIOXIDE' /  
&SLCF XB=0.0, 6.9, 6.1, 12.4, 2.0, 2.0, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='CARBON MONOXIDE' /  
&SLCF XB=0.0, 6.9, 6.1, 12.4, 2.0, 2.0, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='OXYGEN' /  
&SLCF XB=0.0, 6.9, 6.1, 12.4, 2.0, 2.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC\_ID='CARBON DIOXIDE' /  
&SLCF XB=0.0, 6.9, 6.1, 12.4, 2.0, 2.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC\_ID='CARBON MONOXIDE' /  
&SLCF XB=0.0, 6.9, 6.1, 12.4, 2.0, 2.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC\_ID='OXYGEN' /  
&SLCF XB=0.0, 6.9, 6.1, 12.4, 2.0, 2.0, QUANTITY='VISIBILITY' /  
&SLCF XB=0.0, 6.9, 6.1, 12.4, 2.0, 2.0, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC\_ID='SOOT' /  
&SLCF XB=0.0, 6.9, 6.1, 12.4, 2.0, 2.0, QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC\_ID='SOOT' /

---TEMPERATUR I FLAMMAN---

&DEVC ID='FLAME\_TEMP1', XYZ=0.8, 9.9, 0.9, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='FLAME\_TEMP2', XYZ=0.8, 9.9, 1.1, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='FLAME\_TEMP3', XYZ=0.8, 9.9, 1.3, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='FLAME\_TEMP4', XYZ=0.8, 9.9, 1.5, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='FLAME\_TEMP5', XYZ=0.8, 9.9, 1.7, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='FLAME\_TEMP6', XYZ=0.8, 9.9, 1.9, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='FLAME\_TEMP7', XYZ=0.8, 9.9, 2.1, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='FLAME\_TEMP8', XYZ=0.8, 9.9, 2.3, QUANTITY='TEMPERATURE' /  
&DEVC ID='FLAME\_TEMP8', XYZ=0.8, 9.9, 2.5, QUANTITY='TEMPERATURE' /

--BRANDGASLAGRETS HÖJD--

&DEVC XB=16.4,16.4,9.4,9.4,0.2,2.6, QUANTITY='LAYER HEIGHT', ID='BRANDGASLAGER\_KOK' /  
&DEVC XB=5.0,5.0,13.80,13.75,0.2,2.6, QUANTITY='LAYER HEIGHT',  
ID='BRANDGASLAGER\_KORRIDOR\_LEFT' /  
&DEVC XB=17.0,17.0,13.80,13.75,0.2,2.6, QUANTITY='LAYER HEIGHT',  
ID='BRANDGASLAGER\_KORRIDOR\_RIGHT' /

---BNDF---

&BNDF QUANTITY='WALL TEMPERATURE' /

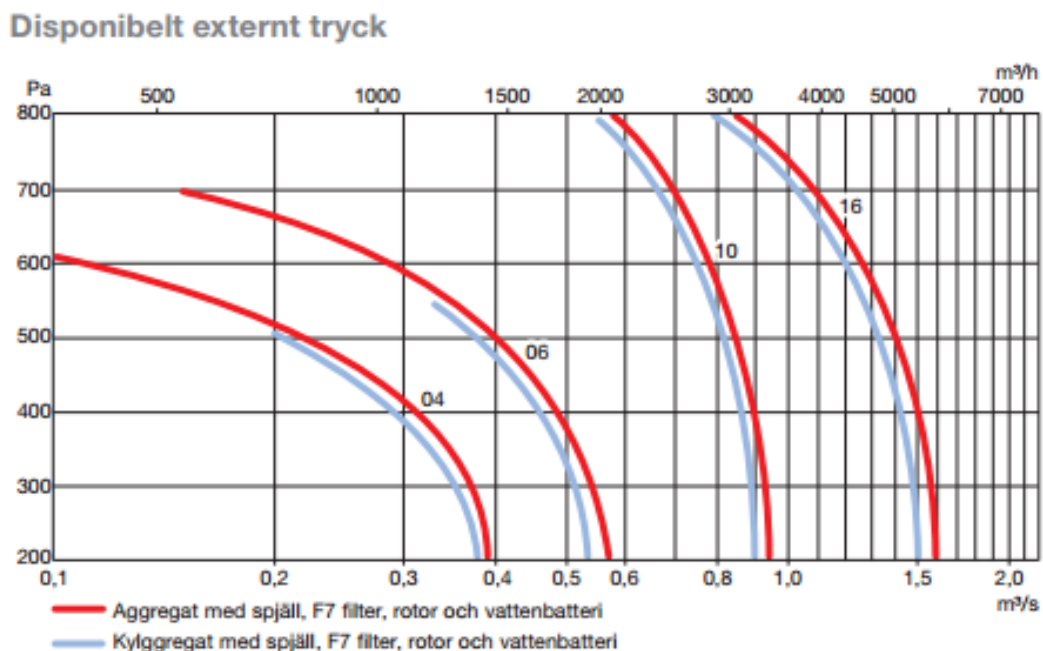
&TAIL /

# Bilaga D – PFS

## D.1 Guide till simuleringar i PFS

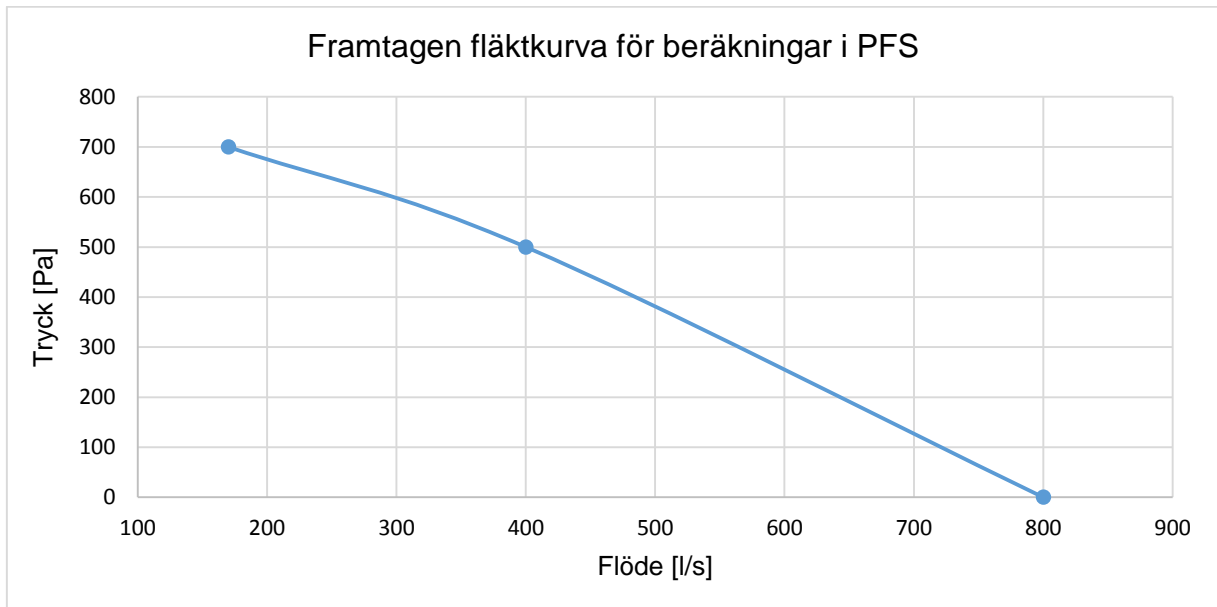
För att uppskatta brandgasspridning via ventilationssystemet i byggnaderna identifieras först den svagaste länken i ventilationssystemet, vilken består av de lägenheter som ligger längst bort från fläkten. Det krävs högst tryck från fläkten för att trycka luften till dessa lägenheter samtidigt som trycket blir lägst i den lägenhet som ligger längst bort från fläkten. Denna tryckskillnad driver luftflödet till denna lägenhet. Tilluftsflödet till denna lägenhet blir det lägsta i byggnaden, vilket gör att en brand i denna lägenhet behöver övervinna minst tilluftsflöde för att orsaka brandgasspridning. Detta gör att det blir mest konservativt att räkna på en brand i den lägenhet som ligger längst bort från fläkten eftersom det enklast sker brandgasspridning från denna lägenhet. Om brandgasspridning motverkas från denna lägenhet motverkas därmed även spridning från resten av lägenheterna som ligger närmare fläkten (Gordonova, 2015a). De fyra lägenheter som väljs är de lägenheter med tillufts- och frånluftsdon markerade med tre i ventilationsritningarna och som har längst grenad och vertikal kanalsträcka från fläkten på vinden, se *Bilaga A.2*. Dessa lägenheter är belägna vertikalt ovan varandra från våningsplan ett till fyra och lägenheterna är avsedda att utgöra egna brandceller enligt *Figur 12.1* i *Kapitel 12*. Branden placeras i lägenhet ett på våningsplan ett eftersom det är längst total kanalsträcka till fläkten från detta rum. Se *Figur D.4* för uppritat ventilationssystem i PFS och de lägenheter som beaktas i simulering.

Eftersom fläktkurva inte finns tillgänglig för befintlig fläkt i byggnaden tas en egen fläktkurva fram. Den fläktkurva som används är en sammanvägning av fläktens totala kapacitet och en fläktkurva för ett IV-aggregat, vilken ses i *Figur D.1*. Detta är den typ av fläktaggregat som enligt uppgift från Olofströms kommun finns i byggnaden.



**Figur D.1.** Fläktkurva för ett IV-aggregat. Tagen från broschyr IV Produkt AB. Kurvorna är märkta med aggregatstorlek 04 till 16.

Den framtagna fläktkurva som används är baserad på kurva för aggregatstorlek 06 i *Figur D.1*, eftersom denna kurva ligger närmast kurva för aggregatstorlek 04 som passar bäst för rådande kanalomslutning på 315 mm och även ligger närmast att ge de totalflöden som byggnaden kräver. För att uppskatta fläktens totala kapacitet summeras flödena enligt ventilationsritningar i *Bilaga A.2* för samtliga tillufts- och frånluftsdon på våningsplanen. Sista punkten i fläktkurva 06 i *Figur D.1* modifieras för att passa dessa totalflöden på 730 l/s för frånluft och 720 l/s för tilluft. Framtagen fläktkurva redovisas i *Figur D.2*.



**Figur D.2.** Framtagen fläktkurva sammansatt efter fläktkurva med storlek 06 för IV-aggregat i *Figur D.1* och anpassad efter totalflöden för frånluft och tilluft.

Eftersom fläktkurva för aggregatstorlek 10 ligger näst närmast att ge byggnadens totalflöden och även täcker in dessa används också denna fläktkurva för simuleringar i PFS. Dock passar fläktkurvan för denna aggregatstorlek sämre än framtagen fläktkurva i *Figur D.2* med avseende på rådande kanalomslutning. Resultatet av simuleringarna för de två olika fläktkurvorna blir mycket lika med avseende på överskridande av gränsvärden för brandgasspridning, spridning vid dimensionerande brandtryck och temperatur vid frånluftsfläkt. Eftersom resultaten blir mycket likartade utgår rapporten från framtagen fläktkurva i *Figur D.2*, vilket i simuleringar också ger rimligast strypning av flödet från fläkten.

Framtagen fläktkurva i *Figur D.2* ligger till grund för fläktarnas kapacitet i simuleringen, vilken beskrivs enligt *Figur D.3*. FF står för frånluftsfläktens kapacitet och TF står för tilluftsfläktens kapacitet.

f a n	FF	700 : 170	500 : 400	0 : 800
f a n	TF	700 : 170	500 : 400	0 : 800

**Figur D.3.** Fläktarnas kapacitet baserat på de tre punkterna som beskriver framtagen fläktkurva i *Figur D.2*.

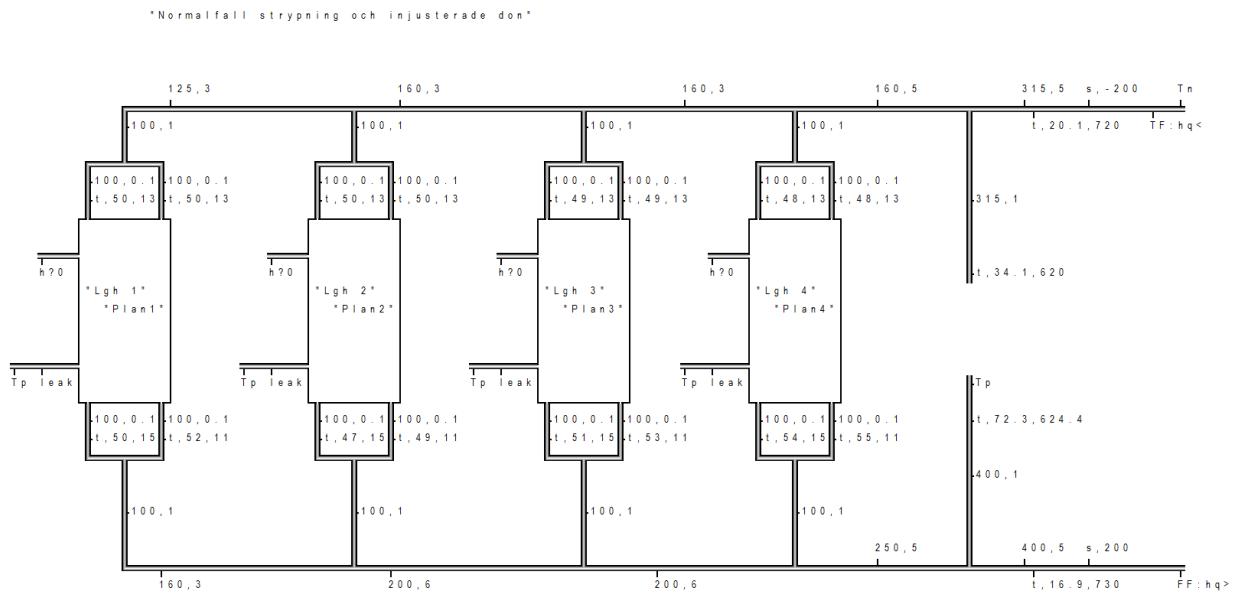
Dimensionerande indata och beteckningar som används vid beräkningarna i programmet presenteras i *Tabell D.1*.

**Tabell D.1.** Dimensionerande indata för beräkningar av brandgasspridning via ventilationssystem i PFS.

Dimensionerande indata	Beteckning	Värde	Källa
Totalflöde tilluftsfläkt	TF	720 liter/sekund	Ventilationsritningar i <i>Bilaga A2</i>
Totalflöde frånluftsfläkt	FF	730 liter/sekund	Ventilationsritningar i <i>Bilaga A2</i>
Flöde till rum		50 liter/sekund	Gordonova, 2015b
Dimensionerande dontryckfall		50 Pa	Gordonova, 2015b)
Temperatur positiv flödesriktning (uppåt och åt höger)	Tp	20 °C	Gordonova, 2015b
Dimensionerande brandtemperatur	Tb	350 °C	BBRAD/BFS 2014:12
Dimensionerande brandtryck	h,1501	1501 Pa	BBRAD/BFS 2014:12
Ventilationsbrandflöde	s,200/s,-200	200 liter/sekund	Gordonova, 2015b
Dimensionerande brandflöde	h?930	930 liter/sekund	Gordonova, 2015b
Högsta möjliga brandflöde	h?870	870 liter/sekund	
Läckage	leak	50 liter/sekund	Gordonova, 2015b
Kanaldimension, kanallängd	400,5 400,1 315,5 315,1 250,5 200,6 160,5 160,3 100,1 100,0.1	millimeter, meter	Ventilationsritningar i <i>Bilaga A2</i>
Temperatur negativ flödesriktning (nedåt och åt vänster)	Tn	20 °C	Gordonova, 2015b
Flödesriktning nedåt och åt vänster	hq<		Gordonova, 2015b
Flödesriktning uppåt och åt höger	hq>		Gordonova, 2015b
Strypning tilluft t,tryck,flöde	t,20.1,720	Pa, liter/sekund	
Strypning frånluft t,tryck,flöde	t,16.9,730	Pa, liter/sekund	

Injusterat don i lägenhet t,tryck,flöde	t,50,13 t,50,15 t,52,11 t,47,15 t,49,11 t,49,13 t,51,15 t,53,11 t,48,13 t,54,15 t,55,11	Pa, liter/sekund	
Injusterad tilluft till resten av byggnaden t,tryck,flöde	t,34.1,620	Pa, liter/sekund	
Injusterad frånluft till resten av byggnaden t,tryck,flöde	t,72.3,624.4	Pa, liter/sekund	
Brandkanal/Backströmningsskydd	h?0		

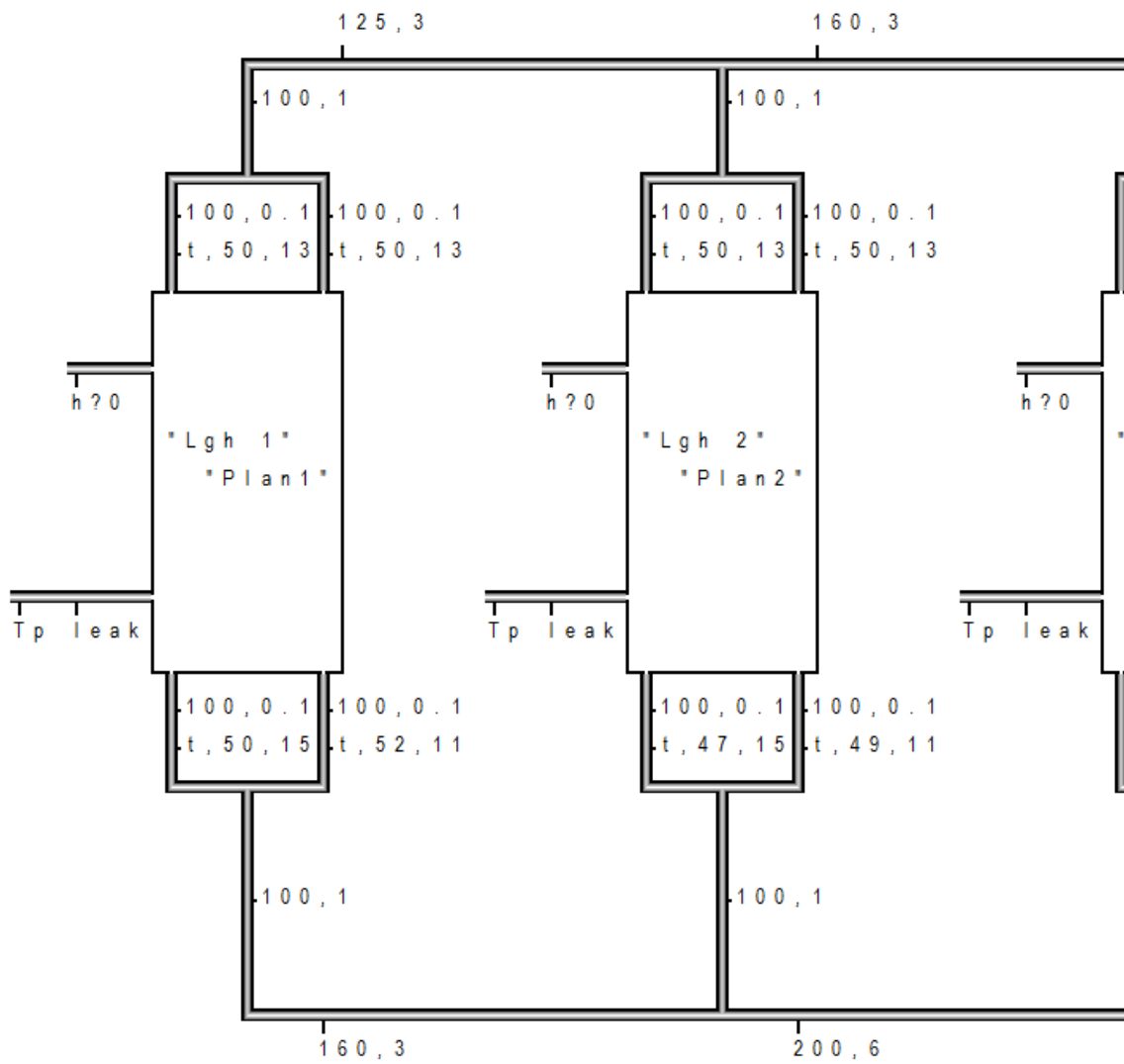
Ventilationssystemet ritas in i PFS baserat på dimensionerande indata i *Tabell D.1* och framtagen fläktkurva i *Figur D.2*. Kanaldimensioner och luftflöden för tilluftsdon och frånluftsdon hämtas från *Bilaga A.2*. Se inritat ventilationssystem i *Figur D.4* nedan. Branden placeras i lägenhet ett vilken utgörs av boxen längst till vänster, tilluftskanal är den ovanliggande kanalen och frånluftskanalen är den underliggande kanalen i *Figur D.4*. De två kanalerna som möts med ett mellanrum mellan sig innehåller flödet till övriga rum i byggnaden. Dessa illustreras även i *Figur 12.1* som inringade siffror fem och sex. Det finns två tilluftsdon och frånluftsdon i varje lägenhet i änden på de två kanalgrenarna som går till och från varje lägenhet, vilka syns i *Figur D.4*. De två kanaler som sticker ut till vänster från varje lägenhet representerar läckage samt kanal för brand. Det primära syftet med *Figur D.4* är att visa en övergripande bild av ventilationssystemet i PFS med de lägenheter som beaktas i simulering och siffror samt beteckningar visas därför inte tydligt i denna figur.



**Figur D.4.** Övergripande bild av ventilationssystemet med injusterade don och strypt flöde från fläkt. De fyra lägenheter som beaktas i simulering syns i figuren som fyra rektanglar.

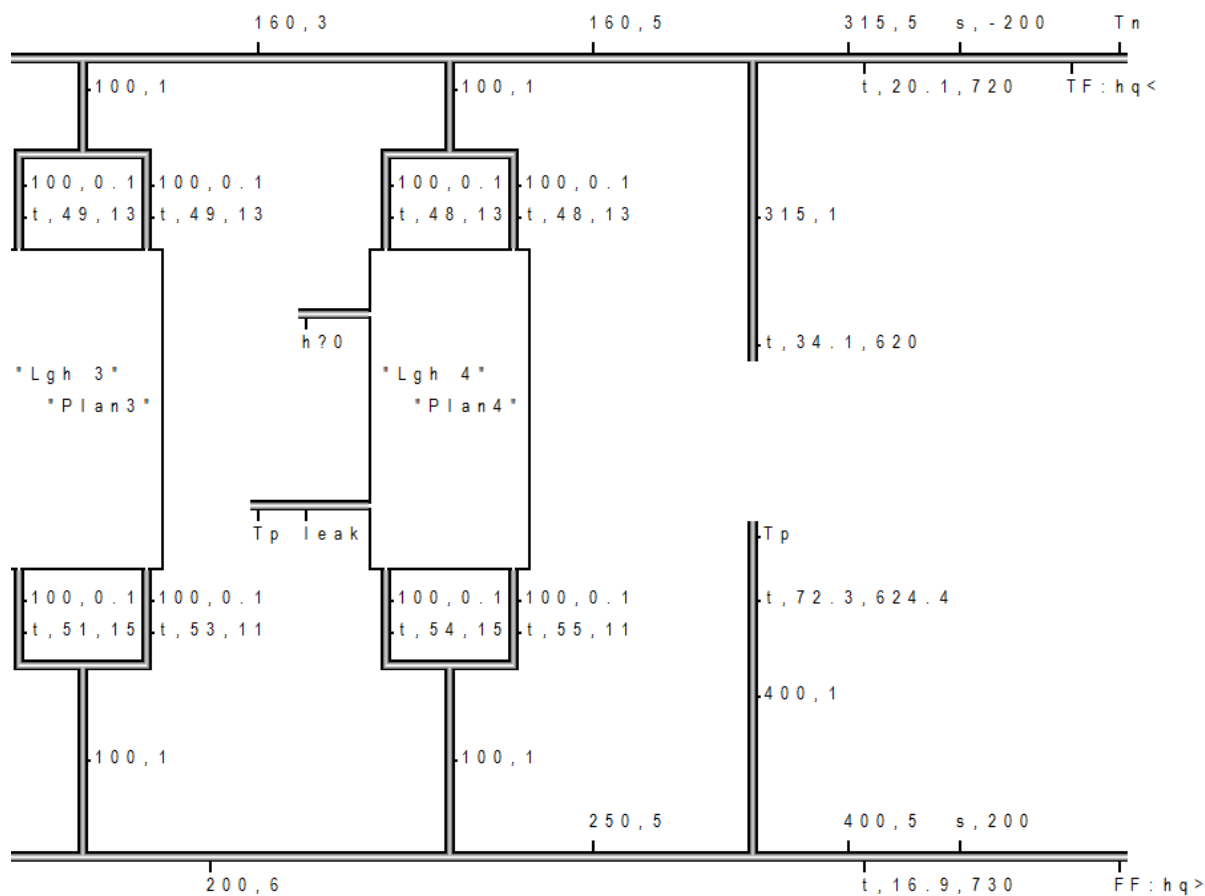
För att tydliggöra de siffror som använts i simuleringarna av brandgasflöden, tryck och temperatur delas *Figur D.4* också upp i två förstörade figurer, vilka kan ses nedan som *Figur D.5* och *Figur D.6*. Siffror och beteckningar i dessa figurer finns redovisade i *Tabell D.1*.

"Normalfall strypning och injusterade don"



**Figur D.5.** Förstorad bild av ventilationssystemet i PFS vid strypning och injusterade don. Notera att endast lägenhet ett och två illustreras i figuren.





**Figur D.6.** Förstorad bild av ventilationssystemet i PFS vid strypning och injusterade don. Notera att lägenhet ett och två inte syns i denna figur.

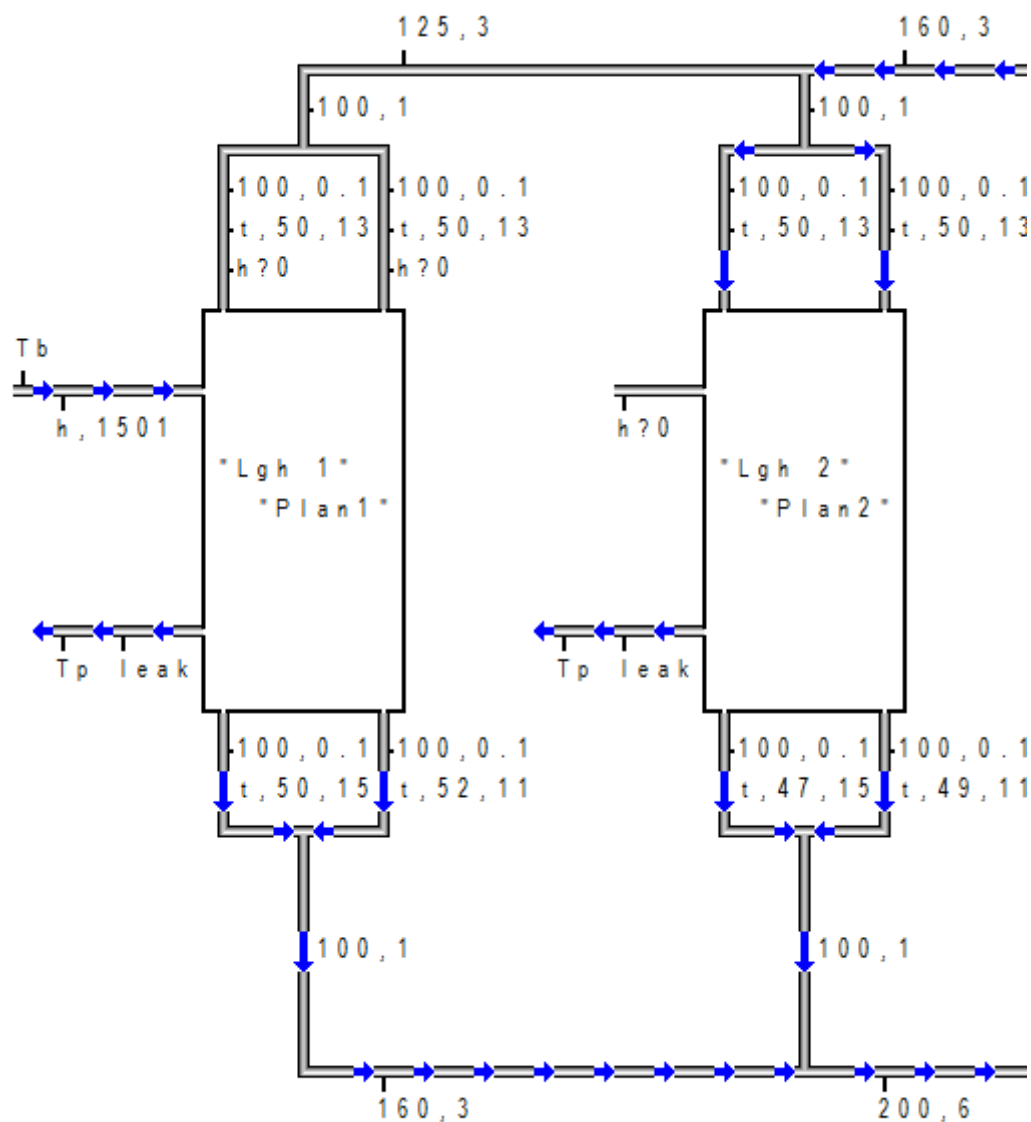
Efter att ventilationssystem inritats och beräknats stryps flödet från fläkten för att ge dimensionerande dontryckfall på 50 Pa i lägenhet ett längst bort från fläkt. Donen till lägenheterna injusterats därefter enligt detta dimensionerande tryck och även tryck och flöde till resten av byggnaden justeras. Sedan sätts en brand in i lägenhet ett genom att kommandot h?flöde skrivs in vid lägenhetens brandkanal enligt *Figur D.7*. Gränsfallet för brandgasspridning testas fram genom att variera flödet tills programmet inte längre kan räkna på det. Gränsfallet överskrids vid ett brandflöde på cirka 100 l/s, vilket ses i *Figur D.7* i form av kommandot h?97 vid brandkanal till lägenhet ett längst till vänster i figuren. När gränsfallet överskrids sker flödet av brandgaser i form av de blå pilarna från lägenhet ett till lägenhet två. Motsatt flöde från höger i figur utgörs av tilluftsflödet från tilluftsfläkt. Frånluftsflödet ses som flöden från lägenheterna till underliggande frånlufts kanal och vidare till höger i figur.



Tillväxthastigheten sätts till  $0,047 \text{ kW/s}^2$  enligt BBRAD, vilket motsvarar fast (BFS 2013:12). Rummets volym är enligt ventilationsritningar i *Bilaga A.2* cirka  $110 \text{ m}^3$ . Genom *Ekvation D.2* beräknas dimensionerande brandflöde till cirka 930 liter/sekund.

Dimensionerande brandtryck och brandflöde skrivs in som kommandona h,1501 och h?930 vid brandkanalen till lägenhet ett enligt *Figur 12.2* och *Figur 12.3*. Eftersom programmet inte visade sig kunna räkna med ett brandflöde på 930 l/s testades högsta möjliga brandflöde fram till 870 l/s, varför detta flöde står i *Figur 12.3* istället för dimensionerande brandflöde. Dimensionerande brandtryck på 1500 Pa skrivs in som 1501 Pa i form av kommandot h,1501 vilket är en Pa mer än dimensionerande brandtryck, men detta påverkar inte utfallet av simuleringarna.

Eftersom brandgasspridning uppnås sätts backströmningsskydd på tilluftskanaler till lägenhet ett genom att skriva kommandot h?0 vid dessa enligt *Figur D.8*.



**Figur D.1.** Backströmningsskydd märkta med h?0 på tilluften till lägenhet ett.

Enligt *Figur D.8* sker inget flöde av brandgaser via tilluften i form av blå pilar från lägenhet ett. Brandgasspridning sker därmed ej. Temperaturen vid frånluftsfläkten överstiger 100 grader Celsius vid både dimensionerande brandtryck och högsta möjliga brandflöde, vilket gör att denna fläkt eventuellt borde bytas till en mer värmetålig sådan.

## Bilaga E – Utrymningsberäkningar

En ungefärlig detektionstid beräknades med hjälp av Detact som är ett hjälpmedel som kan användas för att uppskatta temperaturer på till exempel sprinklerhuvuden. Samma metod kan användas för att uppskatta tiden till en rökdetektor aktiveras. Detektorn antas ha ett lågt RTI-värde och aktivera vid temperaturen 60 °C (NIST, 2014c).

The screenshot shows the 'DETector ACTuation - Time squared' web application. It features a navigation bar with 'Home', 'Fire Safety Tools', 'Links and Resources', 'Education', and 'About Luis Molinelli'. The main content area contains input fields for various parameters: Ambient temperature (20 °C), Detector Response Time Index (RTI) (5), Detector Activation Temperature (60 °C), Detector Rate of Temperature Rise (4 °C/min), Room Ceiling Height (2.4 m), Detector Spacing (12 m), Fire Growth Rate (Ultrafast), and Fire Growth Rate (W/s2) (187,55556). Below these are two sections for results: 'For temperature actuated detector' showing Time to Activation (6,11 min) and Heat Release Rate (25170 kW), and 'For rate of rise actuation detector' showing Time to Activation (1,81 min) and Heat Release Rate (2212 kW). A 'Calculate!' button is present. The footer indicates '© 2012 Luis Molinelli. Madrid (Spain)'.

*Figur E.1. Skärmdump från Detact*

Utrymningen av objektet kan ske på två olika sätt utan räddningstjänstens hjälp, antingen via trapporna genom våningsplanen eller via spiraltrappan. Utrymningsavståndet kan även variera i respektive huskropp och lägenhet till säker plats. Säker plats definieras i detta fall som att utrymning skett till annan brandcell eller utrymning skett till utomhusmiljö. Enligt Figur E.2. vistas fem vårdtagare på ett våningsplan och dess utrymningsväg.

Enligt *Figur E.2.* är 22 noder utplacerade och avstånd mellan dessa visas i *Tabell E.1.*

*Tabell 19.1. Tabell med längder mellan noderna på plan 1.*

Startnod	Slutnod	Avstånd [m]
1	2	3,7
2	3	5,8
3	4	0,8
4	5	2,9
4	8	3,9
5	6	2,9
6	7	3,7
8	9	5,8
8	11	3,6
9	10	1,4
11	12	1,4
12	13	4,7

12	15	1,9
12	18	0,5
13	14	0,6
14	21	6,1
14	22	3,3
15	16	5,1
16	17	3,5
18	19	4
19	20	1,1

Det totala utrymningsavståndet för respektive vårdtagare redovisas i Tabellen nedan via invändiga trappor samt spiraltrappa till säker plats.

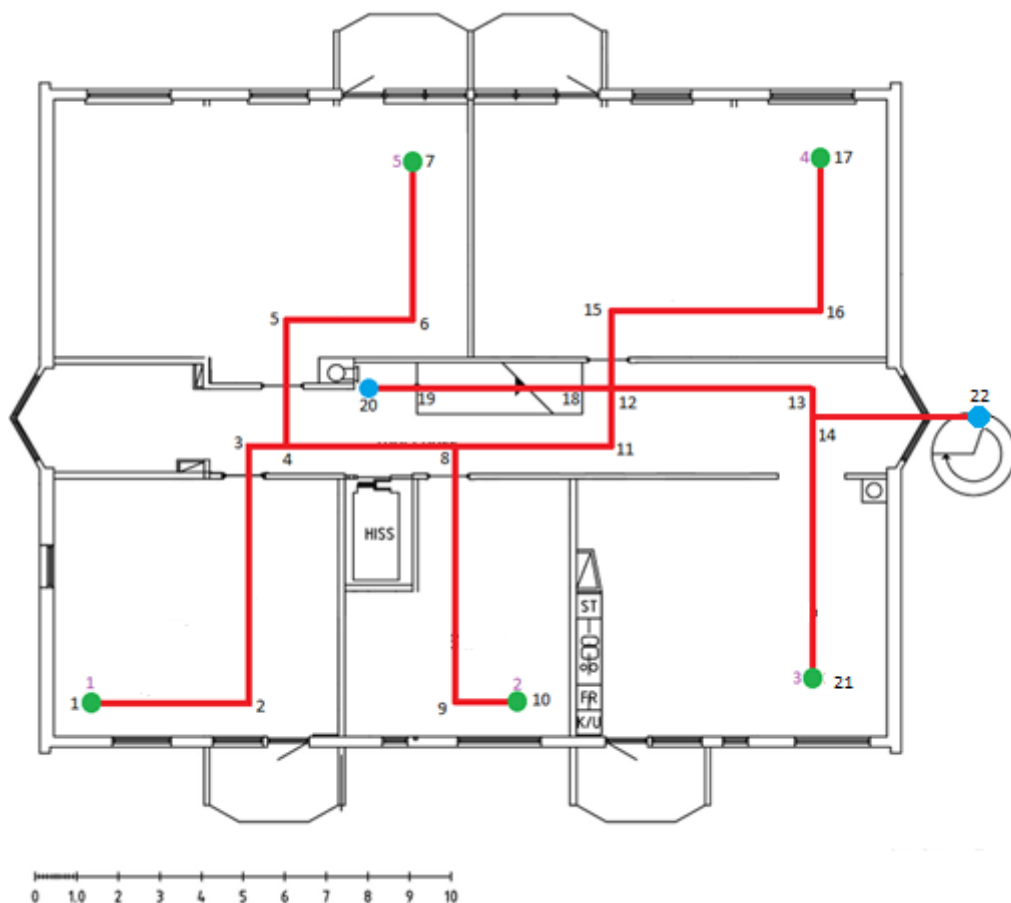
**Tabell E.2.** *Beskriver utrymningsväg samt totala utrymningsvägen via invändiga trapporna*

Vårdtagare	Utrymningsväg via noder	Totala utrymningsavståndet [m]
1	1,2,3,4,8,11,12,18,19,20	24,4
2	10,9,8,11,12,18,19,20	17,8
3	21,14,13,12,18,19,20	17
4	17,16,15,12,18,19,20	16,1
5	7,6,5,4,8,11,12,18,19,20	24

**Tabell E.3.** *beskriver utrymningsväg samt totala utrymningsvägen via spiraltrappan*

Vårdtagare	Utrymningsväg via noder	Totala utrymningsavståndet [m]
1	1,2,3,4,8,11,12,13,14,22	27,8
2	10,9,8,11,12,13,14,22	2,8
3	21,14,22	9,4
4	17,16,15,12,13,14,22	19,1
5	7,6,5,4,8,11,12,13,14,22	27

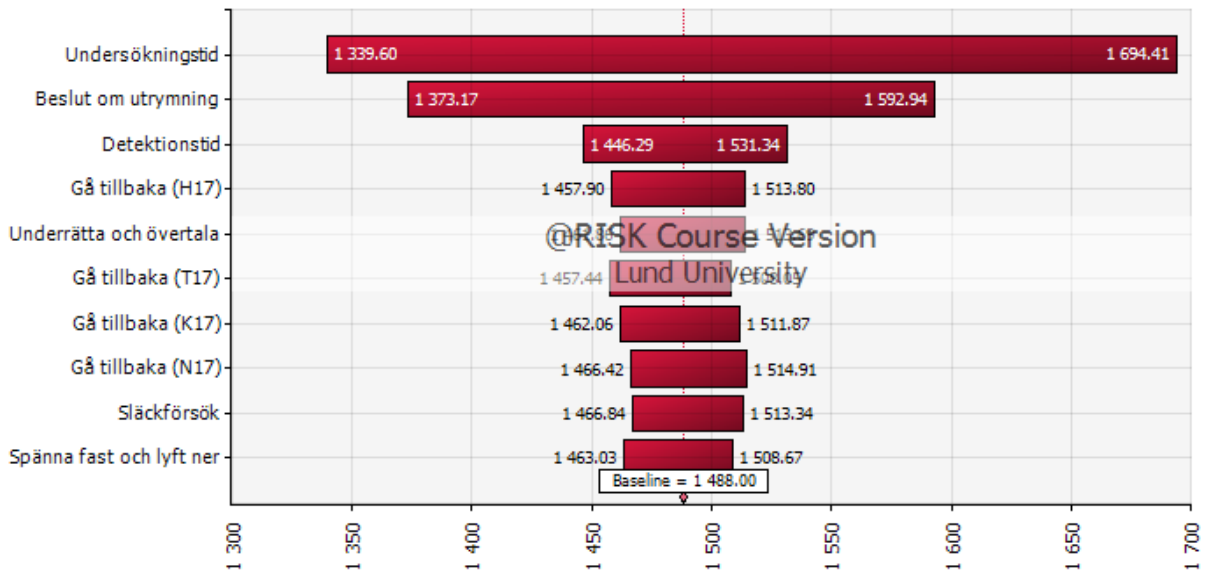
Längsta utrymningsavståndet är 27,8 meter via spiraltrappan för vårdtagare 1 vilket innebär det kritiska avståndet vid en utrymning. Detta avstånd används tillsammans med hastigheter från utrymningsexperiment för att få fram förflyttningstiden som är en del i att få fram den totala utrymningstiden.



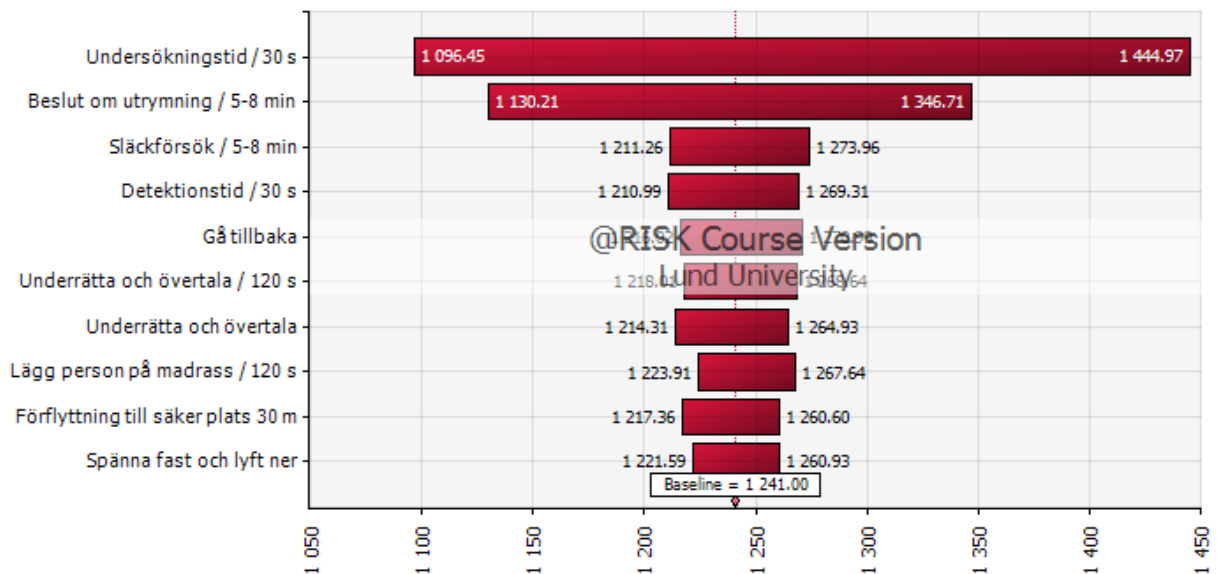
**Figur E.2.** Utrymningsavstånd för respektive lägenhet på ett våningsplan. Figuren ska läsas tillsammans med Tabell E.1-E.3.

## E.1 Känslighetsanalys

Nedan redovisas känslighetsanalyser för respektive utrymningsscenario.

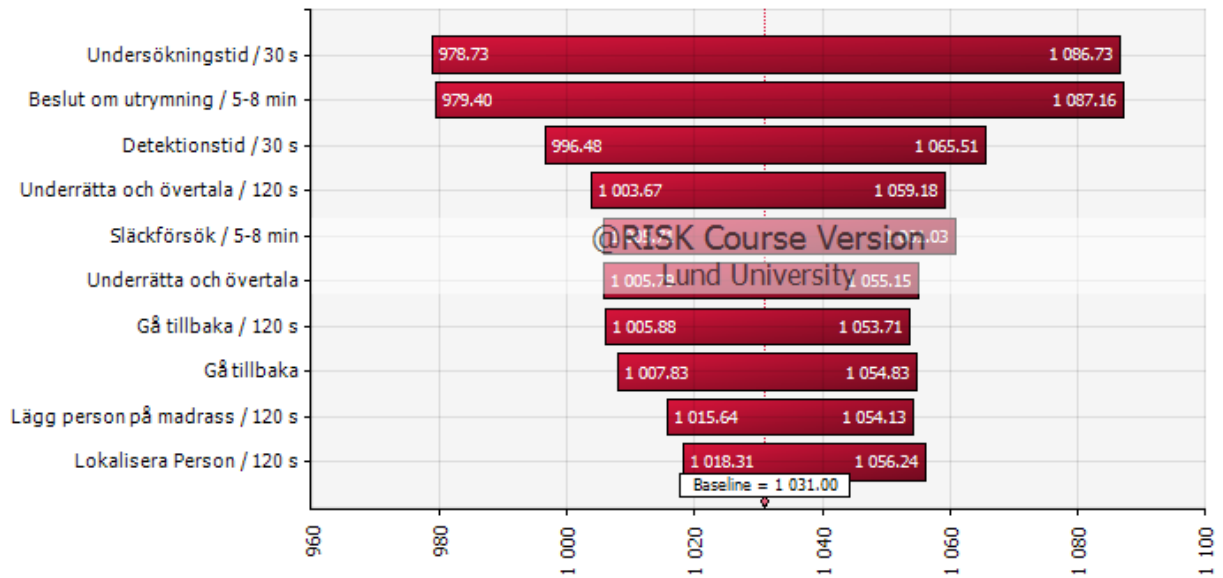


**Figur E.3.** Känslighetsanalys för ingående parametrar vid brand i lägenhet med stängd dörr under nattetid med tre vårdgivare.

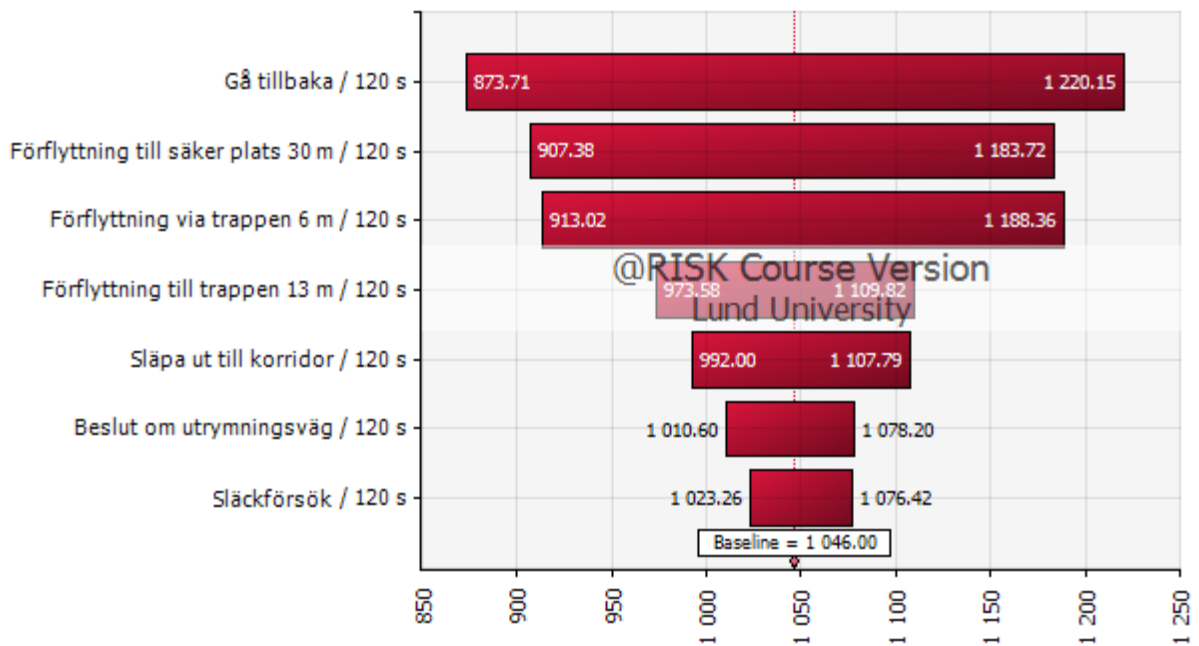


**Figur E.4.** Känslighetsanalys för ingående parametrar vid brand i lägenhet med stängd dörr under dagtid med sex vårdgivare.

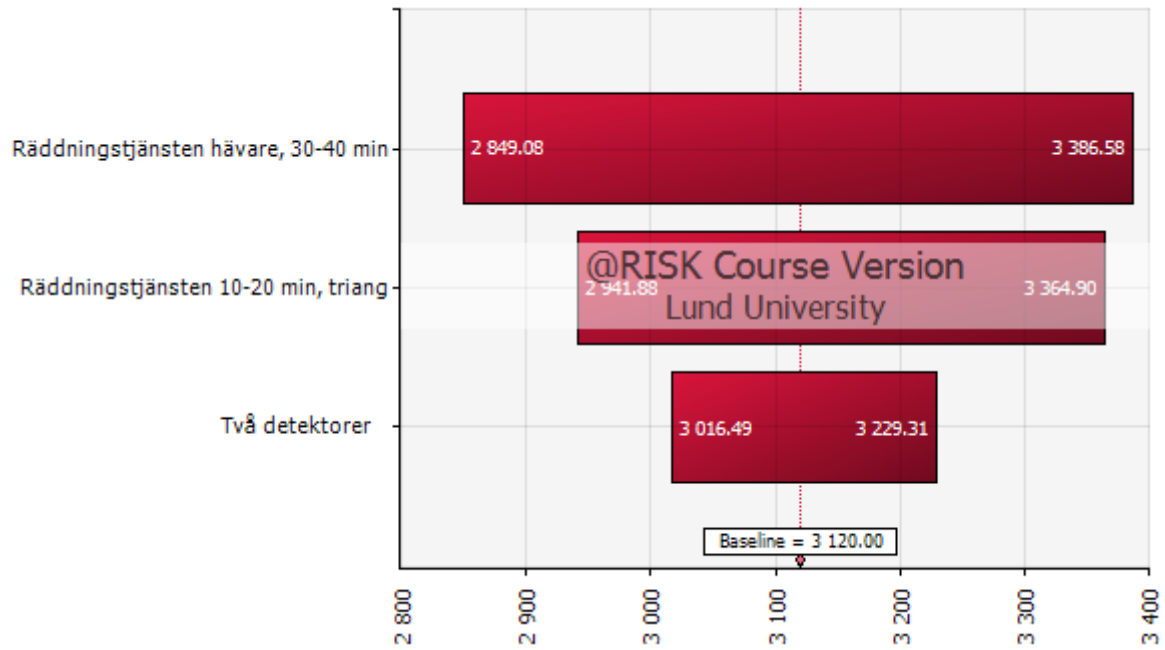




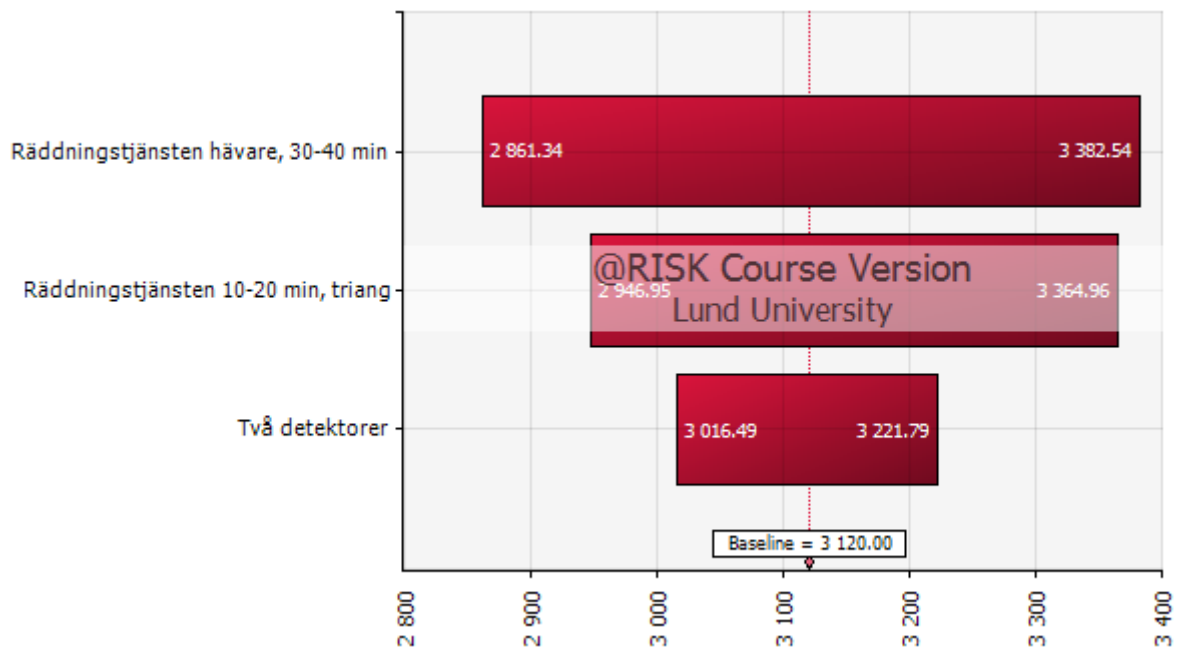
**Figur E.5.** Känslighetsanalys för ingående parametrar vid brand i lägenhet med öppen dörr under dagtid med sex vårdgivare.



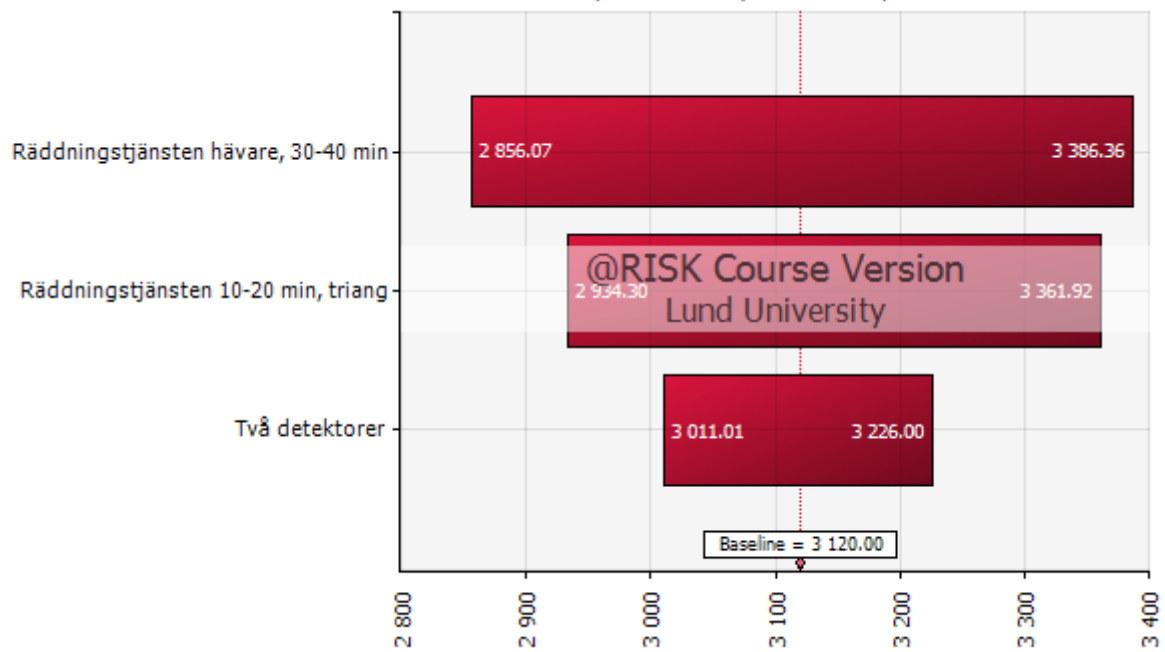
**Figur E.6.** Känslighetsanalys för ingående parametrar vid brand i korridor vid mattid med sex vårdgivare under dagtid.



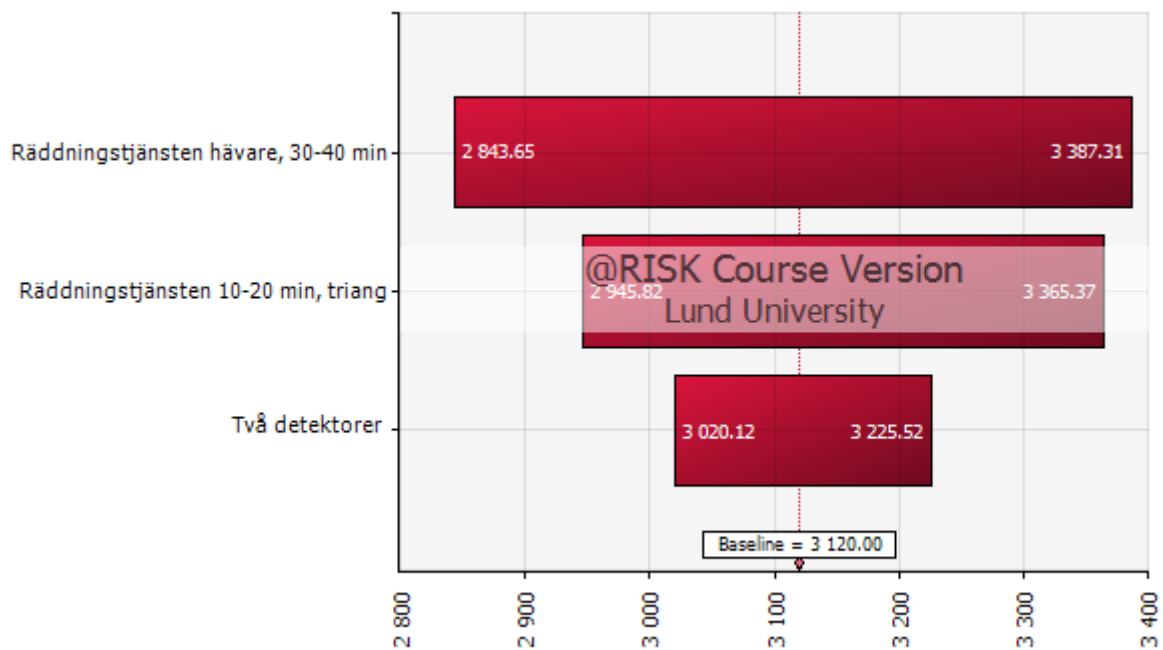
**Figur E.7.** Känslighetsanalys för ingående parametrar vid brand i korridor, ej under mattid, med sex vårdgivare under dagtid.



**Figur E.8.** Känslighetsanalys för ingående parametrar vid brand i korridor under nattetid med tre vårdgivare.



**Figur E.9.** Känslighetsanalys för ingående parametrar vid brand i tvättstuga med öppen dörr under dagtid med sex vårdgivare.



**Figur E.10.** Känslighetsanalys för ingående parametrar vid brand i tvättstuga med öppen dörr under nattetid med tre vårdgivare.

