

Analys av risker avseende personsäkerhet och brand vid läkemedelsproduktion

AstraZeneca Södertälje

Henrik Rosenqvist
Joel Wikström

Department of Fire Safety Engineering
Lund University, Sweden

Brandteknik
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet

Report 5213, Lund 2007

**Analys av risker avseende personsäkerhet och
brand vid läkemedelsproduktion**

AstraZeneca Södertälje

**Henrik Rosenqvist
Joel Wikström**

Lund 2007

Analys av risker avseende personsäkerhet och brand vid läkemedelsproduktion

AstraZeneca Södertälje

Henrik Rosenqvist
Joel Wikström

Report 5213
ISSN: 1402-3504
ISRN: LUTVDG/TVBB--5213--SE

Number of pages: 144

Keywords

Human safety, fire safety, risk analysis, preliminary hazard analysis, dust explosion, FDS, CFAST, Simulex

Sökord

Personsäkerhet, brandsäkerhet, riskanalys, grovanalys, dammexplosion, FDS, CFAST, Simulex

Abstract

This report is an analysis of risks concerning human safety and fire in building 621 in the Gärtuna facility, Södertälje, owned by AstraZeneca. The building is a very large building and the evacuation distances are quite long in some parts of the building. The purpose of this report is therefore to investigate whether the work environment in the building is to be considered safe or not regarding fire.

To analyze the major risks in the building a preliminary hazard analysis has been carried out. The major identified risks have been further analyzed in different scenarios. The analysis includes literature studies and calculations using both hand and computer models such as FDS and CFAST.

Disclaimer

Författarna ansvarar för innehållet i rapporten. Att helt undvika fel kan aldrig garanteras varför läsare av denna rapport själv bär ansvaret för eventuella konsekvenser av beslut baserade på denna rapport.

© Copyright: Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund 2007.

Brandteknik
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Box 118
221 00 Lund

brand@brand.lth.se
<http://www.brand.lth.se>

Telefon: 046 - 222 73 60
Telefax: 046 - 222 46 12

Department of Fire Safety Engineering
Lund University
P.O. Box 118
SE-221 00 Lund
Sweden

brand@brand.lth.se
<http://www.brand.lth.se/english>

Telephone: +46 46 222 73 60
Fax: +46 46 222 46 12

Sammanfattning

Denna rapport innehåller en analys av risker avseende personsäkerhet och brand i byggnad 621 på AstraZenecas anläggning Gärtuna i Södertälje. Anläggningen i Gärtuna är idag världens största produktionsfabrik för läkemedelstabletter. Byggnad 621 är den största byggnaden på anläggningen och har byggts ut i flera omgångar. Detta har medfört att gångavstånden i vissa delar av byggnaden blivit långa utan att någon reflekterat över hur detta påverkar personsäkerheten vid en eventuell utrymning av byggnaden. Rapportens syfte har därför varit att undersöka om arbetsmiljön i byggnaden avseende brand är säker.

Ett platsbesök har gjorts i byggnaden för att få en bra bild av verksamheten och de tekniska och organisatoriska skyddssystem som finns. Därefter har en grovriskanalys av byggnaden genomförts för att identifiera de största riskerna som finns i byggnaden med avseende på personsäkerhet. Riskanalysen har resulterat i att några risker har analyserats vidare i olika scenarier. För att analysera de olika scenarierna har olika metoder använts. Litteratur har studerats och beräkningar har utförts. Både handberäkningar och olika simuleringsprogram har använts i arbetet. Brandsimuleringar för de olika brandscenierna har utförts med både tvåzonsmodellen CFAST och CFD-modellen FDS. Utrymningsberäkningar har genomförts med programmet Simulex. De scenarier som har analyserats vidare utifrån riskanalysen är:

- Risk för dammexplosioner
- Brand i förråd på plan 2
- Brand i förpackning på plan 2.

De resultat som erhållits tyder på att utrymning kommer att klaras av innan kritiska förhållanden uppstår vid en brand i de analyserade brand- och utrymningsscenarierna. Vissa åtgärder bör dock vidtagas för att minska osäkerheterna i resultaten.

Det finns en risk att dammexplosioner kan uppstå vid en olycka i byggnad 621. På grund av knapphändig information om de ämnen som hanteras i byggnaden, samt att antalet ämnen är stort, har det inte funnits möjlighet att inom tidsramen för detta arbete fullständigt utreda denna risk.

Följande åtgärder föreslås för att upprätthålla en god personsäkerhet i byggnad 621:

- Sprinkleranläggningen skall ej kopplas ifrån då verksamhet pågår på plan 2.
- Minst en person från varje del av verksamheten i byggnaden får i uppgift att gå en sökrunda vid brandlarm. Denne person skall också aktivera utrymningslarmet om det behövs.
- En utredning av risk för dammexplosioner skall göras och ett korrekt explosionsskyddsdokument skall upprättas enligt AFS 2003:3.
- Ta bort onödiga brandrisker i verksamheten. Detta innebär att icke avskiljda truckladdningsplatser flyttas till de truckladdningsrum som ligger i egna brandceller. Dessutom bör mängden brännbart emballagematerial minska i förpackningen om möjlighet finns.
- Ytterligare brandsektionering av lokalerna på plan 2 skulle kunna minska de materiella skadorna vid en brand. Vidare ekonomiska bedömningar behöver göras för att undersöka om det är lönsamt att utföra denna åtgärd. Sektioneringen behöver inte utföras för att säkerställa personsäkerheten, men är inget som försämrar personsäkerheten eftersom gångavstånden blir kortare.

Summary

This report consists of a risk analysis concerning human safety and fire in building 621 of the Gärtuna facility, Södertälje, owned by AstraZeneca. The facility in Gärtuna is today the largest pharmaceutical production facility for medical pills in the world. Building 621 is the largest building in Gärtuna, and several new parts of the building have been added. These parts have made the walking distances considerable longer without anyone taking this into account when analyzing the human safety of the building. The purpose of this report has therefore been to investigate whether the work environment in the building is to be considered safe or not regarding fire.

A visit in Gärtuna was made to understand the daily work routines and technical safety systems. To analyze the major risks concerning human safety in the building a preliminary risk analysis (PRA) has been carried out. The risks identified to be significant have been further analyzed in certain scenarios. To analyze these scenarios several different methods has been used. Literature has been studied and calculations have been made, both by hand and by using computer models. Simulations of fires have been made using the zone model CFAST and the CFD-model FDS. Evacuation simulations have been made using the computer model Simulex. The scenarios that have been further analyzed are:

- Dust explosions
- Fire in the storage room on the 2nd floor
- Fire in the packing area on the 2nd floor

The results obtained indicate that evacuation in the analyzed scenarios will be successful before critical conditions might occur. Some measures have to be taken to reduce the uncertainties in the scenarios.

There is a risk that dust explosions might happen in case of an accident in building 621, due to lack of information on different substances handled in the building it has not been possible to fully investigate this risk within the timeframe of the report.

Following measures are suggested to maintain a high level of human safety in building 621:

- The sprinkler system should not be disabled during normal activity on the 2nd floor.
- At least one person from each unit is given the task to search for signs of fire when the fire alarm activates. If case of fire, this person should activate the evacuation alarm.
- Further investigation and analysis of the risk of dust explosions in the building should be carried out. A correct document regarding protection for explosions should be established according to AFS 2003:3.
- Unnecessary risks of fire should be removed. This means charging areas for lift trucks should all be placed in special charging rooms. Packing material should be kept to a minimum in the producing areas.
- Dividing the production areas on the 2nd floor into smaller fire cells can reduce the damage caused by fire. Further economic calculations have to be made to verify the profitability. This proposition is not a necessity to ensure human safety but it does not deteriorate it since it shortens the walking distances.

Förord

Under arbetets gång har en rad olika problem och frågor dykt upp. Vi vill tacka följande personer som har hjälpt oss att genomföra detta projektarbete:

- Vår handledare Håkan Frantzich vid Brandteknik LTH för många värdefulla kommentarer och synpunkter under arbetets gång.
- Thomas Dahlin och Stig Hyllman på AstraZeneca Riskhantering & Säkerhet för ett gott bemötande vid besöken i Södertälje samt all information som har plockats fram åt oss.
- Övrig personal på AstraZeneca Riskhantering & Säkerhet.
- Peter Kekkonen och Johanna Åhs för genomgång av ventilationssystem respektive information angående Basis of SHE och hantering av kemikalier.
- Arbetsledare Bo Hammarstedt och Rolf Harder på AstraZeneca för information om verksamheten i byggnad 621.
- Bjarne Husted vid Brandteknik LTH för hjälp med CFD simuleringar i allmänhet och FDS i synnerhet.
- Göran Holmstedt vid Brandteknik LTH för information angående dammexplosioner.
- Lars Jensen vid Installationsteknik LTH för rådfrågning angående ventilationsberäkningar.
- Räddningstjänsten i Södertälje för trevligt boende vid besöket på AstraZeneca i september 2006.

Ännu en gång, stort tack!

Henrik Rosenqvist och Joel Wikström
Lund, 2007

Innehållsförteckning

1 Inledning.....	- 1 -
1.1 Bakgrund.....	- 1 -
1.2 Syfte.....	- 1 -
1.3 Mål.....	- 1 -
1.4 Metod.....	- 2 -
1.5 Avgränsningar.....	- 2 -
2 Objektsbeskrivning.....	- 3 -
2.1 Generellt.....	- 3 -
2.2 Plan 1.....	- 4 -
2.3 Plan 2.....	- 4 -
2.4 Plan 3.....	- 6 -
2.5 Plan 4.....	- 6 -
2.6 Plan 5.....	- 7 -
3 Befintligt Brandskydd.....	- 9 -
3.1 Brandteknisk klass.....	- 9 -
3.2 Brandcellsindelning.....	- 9 -
3.3 Dörrar.....	- 9 -
3.4 Genomföringar i brandcellsgräns.....	- 9 -
3.5 Ytskikt.....	- 9 -
3.6 Skydd mot brandspridning mellan byggnader.....	- 9 -
3.7 Ventilationssystemet.....	- 9 -
3.7.1 Ventilation vid dispensering.....	- 10 -
3.7.2 Ventilationssystemet vid brand.....	- 10 -
3.8 Rökluckor/Fläktar.....	- 10 -
3.9 Brandposter.....	- 10 -
3.10 Handbrandsläckare.....	- 11 -
3.11 Sprinkleranläggning.....	- 11 -
3.12 Automatiskt brandlarm.....	- 11 -
3.13 Utrymningslarm.....	- 11 -
3.14 Industribrandkår.....	- 11 -
3.15 Utbildning av personal.....	- 12 -
3.16 Kommunal Räddningstjänst.....	- 12 -
4 Riskanalys.....	- 13 -
4.1 Bedömning av frekvenser.....	- 13 -
4.2 Bedömning av konsekvenser.....	- 14 -
4.3 Risker som inte tagits med i riskanalysen.....	- 14 -
4.4 Riskidentifiering.....	- 14 -
4.4.1 Basis of SHE förpackning.....	- 14 -
4.4.2 Basis of SHE förråd.....	- 15 -
4.4.3 Samtal med personer som är väl insatta i verksamheten.....	- 16 -
4.4.4 Risker som tagits upp i brandskyddsdokumentationen.....	- 17 -
4.4.5 Risker som identifierats vid platsbesöket.....	- 17 -
4.6 Riskvärdering.....	- 20 -
4.7 Jämförbara scenarier.....	- 21 -
4.8 Bedömning av frekvenser för olika konsekvenser.....	- 22 -
4.9 Sammanställning av riskanalysen.....	- 24 -
5. Vidare utredning av utvalda scenarier.....	- 25 -
5.1 Scenario S10: Risk för dammexplosioner.....	- 25 -
5.1.1 Kriterier för att dammexplosion ska kunna inträffa.....	- 25 -

5.1.2	Kemikalier som hanteras i B621	- 25 -
5.1.3	ATEX-direktivet.....	- 26 -
5.1.4	Diskussion	- 27 -
5.2	Scenario S11 och S9: Brand i förråd plan 2	- 27 -
5.2.1	Tändkällor	- 27 -
5.3	Scenario S12 och S13: Brand i förpackning på plan 2.....	- 28 -
5.4	Brandens effektutveckling.....	- 31 -
5.4.1	Metod för utformning av effektkurva.....	- 31 -
5.4.2	Sprinklernas inverkan på brandförloppet.....	- 32 -
5.4.3	Effektkurva för brand i förrådet	- 32 -
5.4.4	Effektkurva Brand i förpackning 1 och 2.....	- 34 -
6	Brandförloppsberäkningar.....	- 35 -
6.1	Kritiska förhållanden.....	- 35 -
6.2	Brandförlopp Brand i förråd.....	- 35 -
6.2.1	Indata/förenklingar för simulering i CFAST.....	- 36 -
6.2.2	Känslighetsanalys av geometriförenkling i CFAST.....	- 37 -
6.2.3	Indata/förenklingar till simuleringen i FDS	- 38 -
6.2.4	Resultat från simulering i CFAST.....	- 38 -
6.2.5	Resultat från känslighetsanalys med ändrad geometri.....	- 40 -
6.2.6	Siktberäkningar för väl omblandat fall.....	- 41 -
6.2.7	Brandgasspridning via ventilationssystem	- 42 -
6.2.8	Resultat från simulering i FDS.....	- 42 -
6.2.9	Jämförelse mellan resultat från CFAST och FDS.....	- 44 -
6.2.10	Diskussion	- 45 -
6.3	Brand i förpackning 1	- 46 -
6.3.1	Indata/förenklingar för Brand i förpackning 1	- 46 -
6.3.2	Resultat Brand i förpackning 1.....	- 47 -
6.3.3	Siktberäkningar för väl omblandat fall.....	- 49 -
6.3.4	Diskussion	- 49 -
6.4	Brand i förpackning 2.....	- 51 -
6.4.1	Indata/förenklingar för Brand i förpackning 2	- 51 -
6.4.2	Resultat Brand i förpackning 2.....	- 52 -
6.4.3	Siktberäkningar för väl omblandat fall.....	- 54 -
6.4.4	Diskussion	- 55 -
7	Utrymningsberäkningar.....	- 57 -
7.1	Gångavstånd	- 57 -
7.2	Människors beteende vid utrymning.....	- 57 -
7.3	Utrymningstid.....	- 57 -
7.3.1	Varseblivningstid	- 58 -
7.3.2	Besluts- och reaktionstid	- 58 -
7.3.3	Förflyttningstid.....	- 58 -
7.4	Utrymningsrutiner vid AstraZeneca.....	- 58 -
7.4.1	Utrymningsövningar B621	- 58 -
7.5	Utrymningstider	- 59 -
7.6	Utrymning av hela byggnaden	- 60 -
7.6.1	Resultat.....	- 60 -
7.7	Utrymning Brand i förråd.....	- 60 -
7.7.1	Resultat.....	- 61 -
7.8	Utrymning Brand i förpackning 1	- 62 -
7.8.1	Resultat.....	- 63 -

7.9 Utrymning Brand i förpackning 2	- 63 -
7.9.1 Resultat	- 64 -
8 Värdering av personsäkerheten	- 67 -
8.1 Brand i förråd	- 67 -
8.2 Brand i förpackning 1	- 68 -
8.3 Brand i förpackning 2	- 68 -
8.4 Riskvärdering	- 69 -
9 Slutsatser och åtgärdsförslag	- 73 -
9.1 Förslag till åtgärder	- 74 -
10 Litteraturförteckning	- 75 -

Bilagor

Bilaga A. Sannolikheter för uppkomst av brand	I
Bilaga B. Kontroll av bränsletillgång och syretillgång	V
Bilaga C. Beskrivning av Detact -t ²	VII
Bilaga D. Aktiveringstider för sprinkler och brandlarm	IX
Bilaga E. Beskrivning av CFAST/Tvåzonsmodellen	XI
Bilaga F. Beskrivning av CFD-programmet FDS	XIII
Bilaga G. Effektkurvor för känslighetsanalyser i förråd	XVII
Bilaga H. Beräkning av kolmonoxidhalten för Brand i förråd	XIX
Bilaga I. Siktberäkningar för Brand i förråd	XXI
Bilaga J. Siktberäkningar vid sprinkleraktivering	XXIII
Bilaga K. Brandgasspridning via T-system i förrådet till dispenseringen	XXV
Bilaga L. Indatafil till FDS-simulering av brand i förråd	XXVII
Bilaga M. Indatafil till FDS-simulering av förpackning 1	XXXIII
Bilaga N. Jämförelse mellan olika rutnät. Förpackning 1	XXXIX
Bilaga O. Indatafil till FDS-simulering av förpackning 2	XLI
Bilaga P. Jämförelse mellan olika rutnät. Förpackning 2	XLVII
Bilaga Q. Beskrivning av Simulex	XLIX
Bilaga R. Policy Säkerhet Hälsa Miljö (SHE)	LI

1 Inledning

Den här rapporten är ett examinerande projektarbete vid avdelningen för Brandteknik på Lunds Tekniska Högskola. Projektet omfattar 10 akademiska poäng vardera för två studenter vid brandingenjörsprogrammet som har genomfört projektet tillsammans. Arbetet har till största delen genomförts under höstterminen 2006.

1.1 Bakgrund

AstraZeneca är ett av världens största läkemedelsföretag. Företaget bedriver både forskning och produktion av läkemedel för sex olika hälsovårdsområden - cancer, hjärta/kärl, mage/tarm, infektion, neurovetenskap och andningsvägar & inflammation. Både forskning och produktion sker i ett flertal länder och produkterna säljs i över 100 länder. I Sverige bedriver AstraZeneca forskning i Lund, Mölndal och Södertälje och produktion av läkemedel i Södertälje. (Internetreferens 1)

I Södertälje har AstraZeneca två stora anläggningar där man både bedriver forskning och produktion. Snäckviken är den äldre anläggningen som ligger i centrala Södertälje, och Gärtuna är den nyare anläggningen som ligger utanför centrum.

Anläggningen i Gärtuna är idag världens största produktionsfabrik för läkemedelstabletter (Internetreferens 2). Här sker både forskning för att ta fram nya läkemedel, samt produktion av läkemedel. Anläggningen består av ett antal byggnader och startades på 1970-talet och har sedan dess byggts ut i flera omgångar. Den största byggnaden på området, byggnad 621, har byggts ut i flera omgångar och man har under tillbyggnaderna inte haft i åtanke att gångavstånden till utrymningsvägar i vissa delar blir långa. Man vill från företagets sida ha hjälp med att kontrollera om byggnaden går att utrymma innan kritiska förhållanden uppstår vid brand.

AstraZeneca bedriver kontinuerligt ett riskhanteringsarbete där man försöker kartlägga de största riskerna. En del av riskhanteringsarbetet består av att ta fram så kallade Basis of SHE-rapporter (Safety, Health and Environment) där man försöker hitta skadehändelser för säkerhet, hälsa och miljö samt tänkbara konsekvenser av dessa (Se Bilaga R). De SHE-rapporter som finns för byggnad 621 behandlar till stor del personsäkerhet i samband med arbetet som till exempel arbetsmiljön. Konsekvenser för eventuella tillbud i händelse av brand är i vissa fall inte bedömda eller inte tillräckligt utredda för att ge en någorlunda klar bild av personsäkerheten.

1.2 Syfte

Arbetets syfte är att undersöka om arbetsmiljön avseende brand är tillfredsställande eller inte i byggnad 621.

1.3 Mål

Målet med arbetet är att först göra en grovanalys av byggnad 621 med avseende på personsäkerhet och brand. Här skall de största riskerna identifieras. När riskerna är identifierade kommer de att analyseras vidare om det bedöms nödvändigt. Brand- och utrymningssimulering av byggnaden kommer också att göras för att undersöka om den går att utrymma innan kritiska förhållanden uppstår vid en brand. Slutsatserna kommer leda till förslag till ändringar av byggnadstekniska anordningar och organisation, och/eller tillägg till AstraZenecas systematiska brandskyddsarbete.

1.4 Metod

Ett platsbesök på AstraZeneca har gjorts för att få en bra bild över hur anläggningen ser ut samt för att göra en genomgång av befintligt brandskydd och andra säkerhetsanordningar som finns. Besöket var också viktigt för att se hur det dagliga arbetet med olika rutiner fungerar. Flera personer som är insatta i verksamheten har intervjuats för att få en bra bild av hur det dagliga arbetet och olika rutiner fungerar. Även personer som sköter underhåll av brandskydd och ventilation har intervjuats för att få en bra bild av hur byggnadens brandskydd fungerar. Ritningar över byggnaden har också studerats för att få en klar bild över hur byggnaden ser ut.

En riskanalys av anläggningen med avseende på personsäkerhet och brand har gjorts för att identifiera de största riskerna som finns i byggnaden. Riskanalysen som gjorts är en grovanalys som resulterar i en riskmatris där man kan urskilja de största riskerna. Materialet till grovanalysen har hämtats från platsbesök, material från AstraZenecas riskanalysarbete Basis of SHE, samtal med personer som är väl insatta i verksamheten samt studerande av litteratur inom området.

Med resultat från grovanalysen har olika scenarier valts ut som kan anses allvarliga ur personsäkerhetssynpunkt. Litteratur har studerats för att få bättre ingångsdata till att simulera brandförlopp och utrymningstider. Brandförlopp och utrymning har simulerats med datormodellerna FDS, CFAST, Detact-t² och Simulex. Även handberäkningar har använts i arbetet.

Arbetet presenteras vid ett offentligt seminarium vid Lunds Tekniska Högskola och publiceras sedan på Brandtekniks hemsida.

1.5 Avgränsningar

En viktig avgränsning som gjorts är att arbetet kommer att begränsas till byggnad 621. Inom byggnad 621 kommer inte höglagerdelen att behandlas, eftersom inga människor arbetar där, utan allting sköts med automatiska truckar.

Arbetet har fokuserats på personsäkerhet i första hand. Detta har skett enligt önskemål från AstraZeneca, trots att anläggningen har ett mycket stort ekonomiskt värde. Där möjlighet funnits har dock hänsyn tagits till ekonomiska aspekter som kan ha betydelse vid t.ex. ett brandtillbud.

Risker som berör arbetsmiljön i form av till exempel ergonomi och annan form av säkerhet har heller inte behandlats, såvida det inte kan sättas i samband med brand- och utrymningssäkerheten. Exempel på sådana saker är till exempel tunga lyft och risken att bli påkörd av en truck.

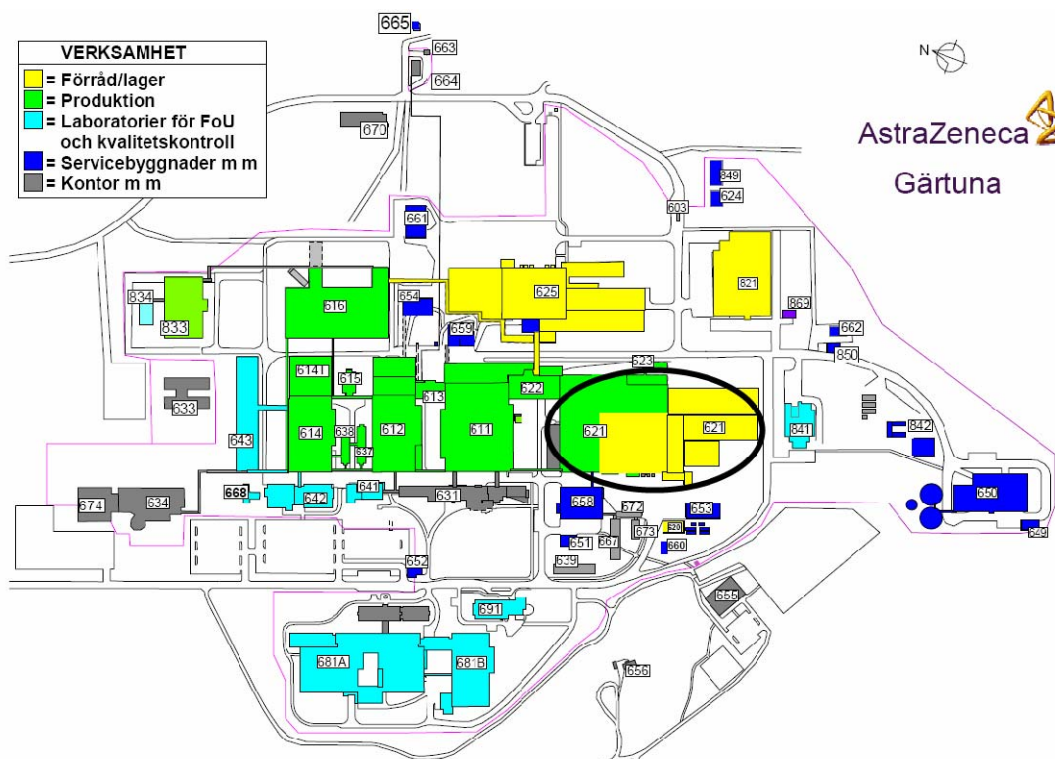
2 Objektsbeskrivning

Detta avsnitt beskriver hur byggnad 621 är uppbyggd, både hur byggnaden ser ut och de verksamheter som finns. Först följer en generell beskrivning av byggnaden och sedan en mer ingående beskrivning av varje våningsplan.

2.1 Generellt

Byggnad 621 är belägen i AstraZenecas anläggning Gärtuna. En översiktlig bild över området kan ses i figur 2.1 där byggnad 621 är inringad. Byggnaden består av olika delar med olika antal våningsplan. Detta är en följd av att byggnaden har byggts ut vid olika tillfällen. Generellt sett har byggnaden tre plan, medan kontorsdelarna har fem. I byggnaden finns även ett automatiserat höglager med en lagringshöjd på 30 meter, där all godshantering sker med automatiska truckar. Höglaget beträds inte av människor annat än vid underhåll och service.

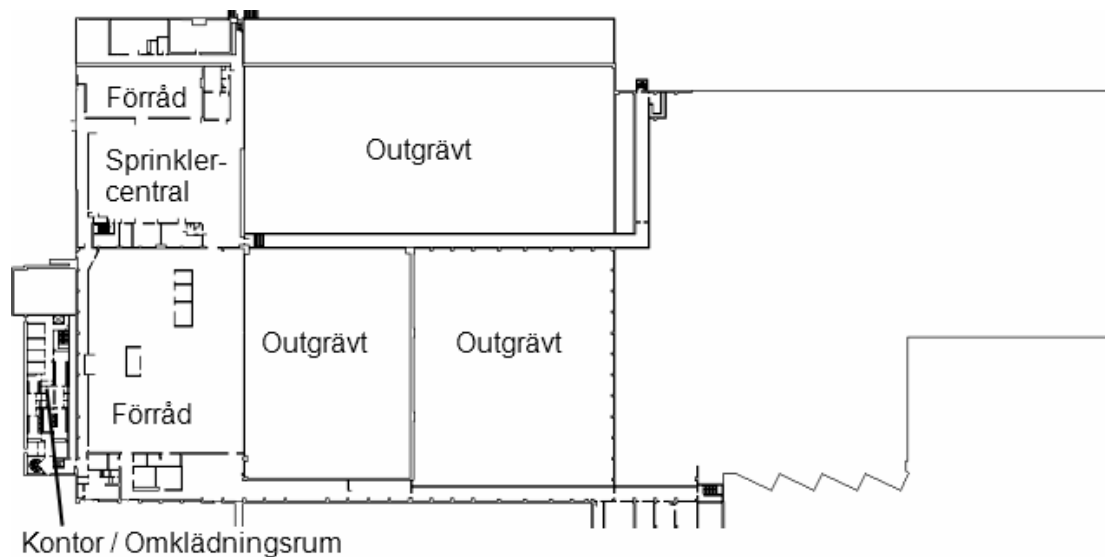
Vissa delar av byggnaden har förhöjd renhetsklass som är uppdelad i olika nivåer. Blåzon innebär att skyddskläder och hårnät måste bäras, samt att besökare också måste ha skoskydd. Rödzon innebär att ytterligare skyddskläder måste bäras eftersom det förekommer öppen hantering av läkemedel eller hälsovådliga substanser. B621 är sammanknuten med vissa omkringliggande byggnader via gångar.



Figur 2.1. Placering av B621 på anläggningen i Gärtuna.

2.2 Plan 1

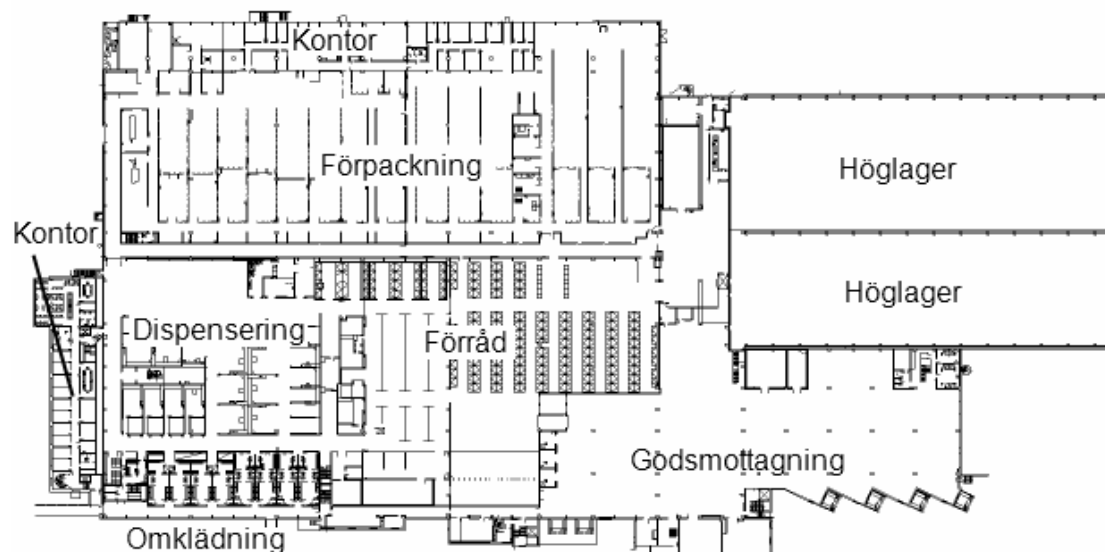
Plan 1 är ett källarplan som till största delen ligger under marknivå. Planet utgörs i huvudsak av förvaringsutrymme, aggregatrum, kontor och omklädningsrum. Sprinklercentralen är belägen på detta våningsplan. Det finns ett antal utrymmen som inte är utgrävda och därmed inte används. Ibland utförs svetsarbeten på detta plan vid bestämda arbetsplatser. Ritning över plan 1 kan ses i figur 2.2 nedan.



Figur 2.2. Ritning över plan 1.

2.3 Plan 2

Plan två (markplan) är det plan där huvudsakliga produktionsverksamheten finns. Verksamheten kan delas i fem olika delar, förpackning, dispensering, godsmottagning, förråd och höglager. Dessutom finns omklädningsrum, kontor och diverse lokaler för städning och reparationer på detta våningsplan. Ritning över plan 2 kan ses i figur 2.3. Höglagret har här sitt markplan och har en lagringshöjd på 30 meter.



Figur 2.3. Ritning över plan 2.

På stora delar av plan 2 är det förhöjd renhetsklass i blåzon, samt vissa delar i rödzon. En del platser, där öppna behållare med pulver hanteras, är avgränsade med plastjalousier och kan endast tillträdas via luftsluss. För att avskiljda utrymmen inte skall kontamineras förekommer över- och undertryck för att styra luftflöden.

Transporter av råvaror till och från de olika verksamheterna sker antingen med truckar som sköts av personal eller helt automatiska truckar.

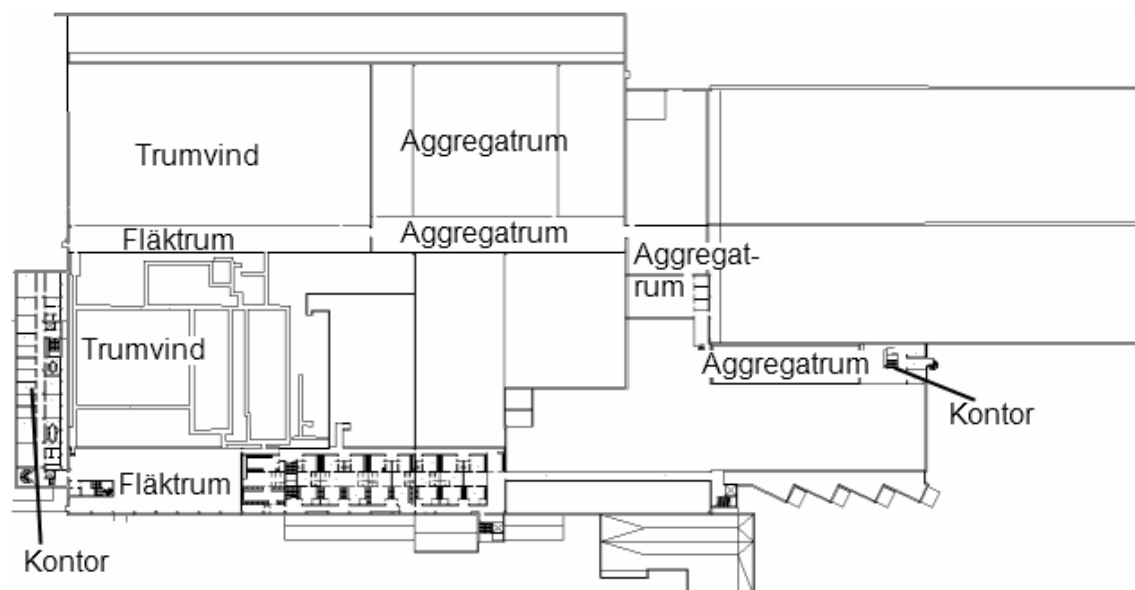
Truckladdningsplatser finns beläget på flera platser på plan 2. De flesta är utförda i egna brandceller. Det förekommer också laddningsplatser som inte är brandtekniskt avskiljda från resten av verksamheten.

Nedan följer en genomgång av de olika verksamheterna på plan 2:

- Förpackning:** Förpackning av olika läkemedelstabletter sker i produktionslinjer där maskiner paketerar läkemedelstabletter i olika typer av förpackningar. Här är renhetsklassen blåzon.
- Dispensering:** I dispenseringen sker uppvägning av substanser som skall föras vidare till produktion i olika tillverkningsenheter i Gärtuna. Dispenseringen sker manuellt, antingen vid öppna dispenseringsbåsar eller i slutna rum där speciella skyddskläder måste bäras. I dispenseringen sker många transporter med automatiska truckar. Dispenseringen är i renhetsklass blåzon eller rödzon.
- Förråd:** I förrådet sker lagring av substanser som skall användas i läkemedelstillverkningen. Lagringen sker i ställage med en lagringshöjd på ungefär sju meter. Gods förvaras vanligen på pallar och transport sker med personstyrd trucktrafik. Förrådet är i renhetsklass blåzon.
- Höglager:** Lagringshöjden i höglagret är cirka 30 meter. All godshantering sköts helt automatiskt och personal är endast inne i höglagret vid service och underhåll av truckarna.
- Godsmottagning:** Godsmottagningen ligger avskilt från andra verksamheter i byggnaden. Här är ingen förhöjd renhetsklass utan vanliga kläder kan användas. Här ankommer godstransporter från andra byggnader på både Gärtuna och Snäckviken för att användas i produktionen eller lagras i höglagret.

2.4 Plan 3

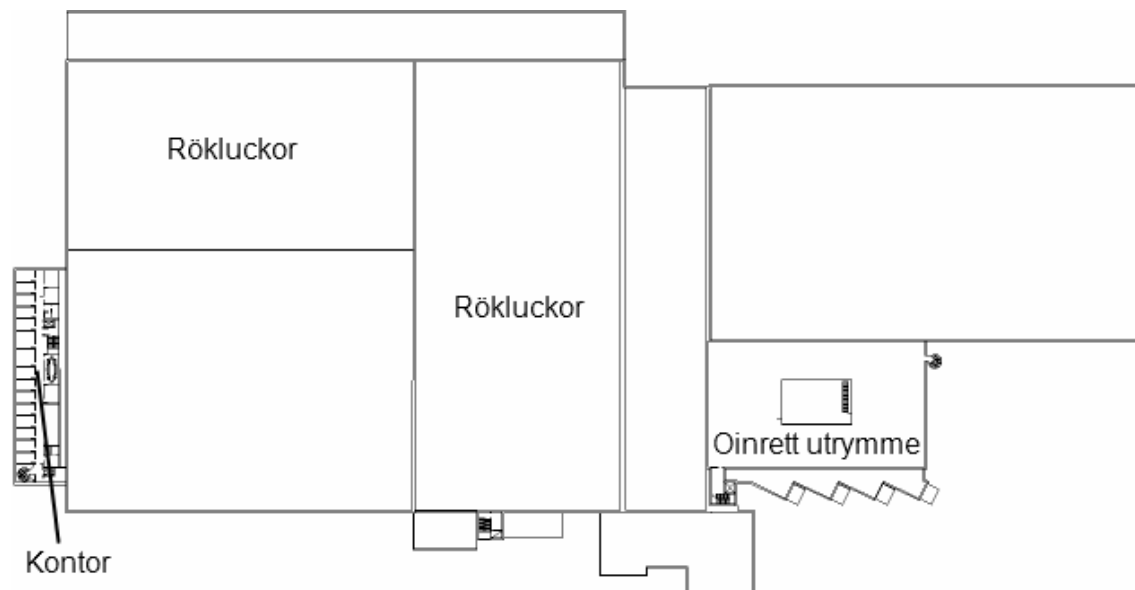
Plan tre består till största delen av aggregatrum, fläktrum, omklädningsrum och kontor. Kontorslokalerna bredvid trumvinden har förhöjd renhetsklass blåzon. Övriga delar är öppna från plan 2 där takhöjden på flera platser är cirka 8 meter. Ritning över plan 3 kan ses i figur 2.4 nedan.



Figur 2.4. Ritning över plan 3.

2.5 Plan 4

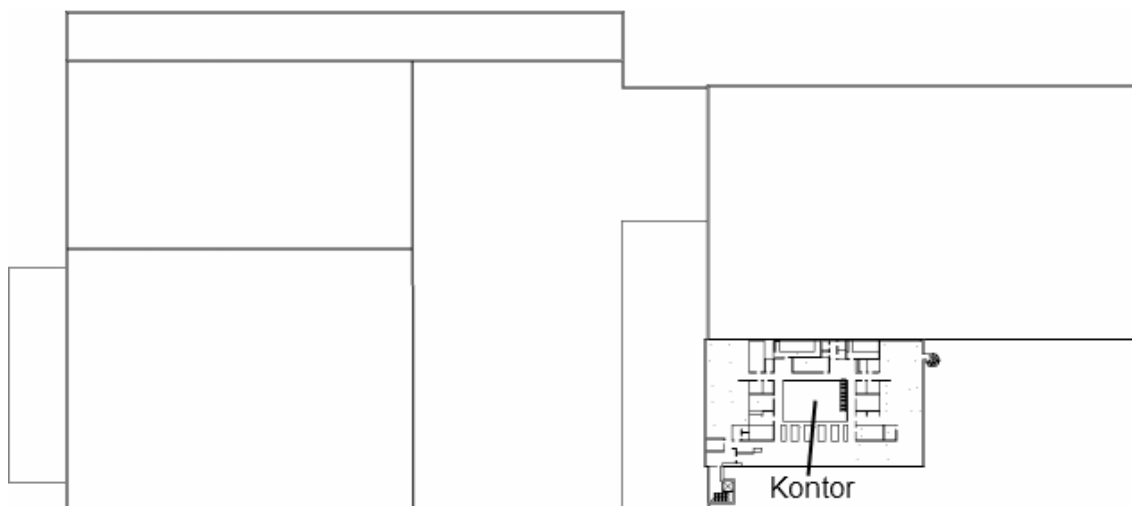
Plan 4 utgörs till stor del av rökluckor för brandgasventilering, men även kontor och ett oinrett utrymme ovanför godsmottagningen finns på detta våningsplan. Kontoren har förhöjd renhetsklass blåzon. Ritning över plan 4 kan ses i figur 2.5 nedan.



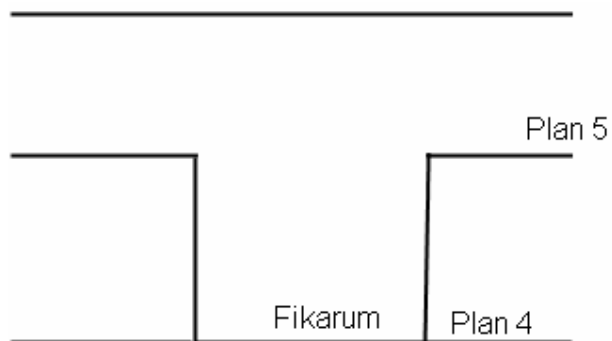
Figur 2.5. Ritning över plan 4.

2.6 Plan 5

Plan fem innehåller enbart kontorsverksamhet ovanför godsmottagningen. Kontoren utgörs av ett kontorslandskap med ett fikarum beläget i mitten av utrymmet. Fikarummet är öppet mot plan fem, men har golvnivå i höjd med plan fyra (se Figur 2.7). Dessa kontorslokaler har ingen förhöjd renhetsklass. Ritning över plan 5 kan ses i figur 2.6 nedan.



Figur 2.6. Ritning över plan 5.



Figur 2.7. Förtydligande bild över fikarummets placering. Planen är sammanbundna via en trappa mellan fikarummet och plan 5.

3 Befintligt Brandskydd

Här beskrivs det brandskydd som i dagsläget finns i byggnaden. Byggnaden har både så kallat aktivt och passivt brandskydd. Beskrivningen av det befintliga brandskyddet grundas på observationer vid platsbesöket, studerande av ritningar (för fullständig förteckning av ritningar se litteraturförteckningen), samt samtal med Thomas Dahlin och Stig Hyllman på AstraZeneca Riskhantering & Säkerhet.

3.1 Brandteknisk klass

Byggnaden är utförd i brandteknisk klass Br1.

3.2 Brandcellsindelning

Generellt är varje våningsplan uppdelat i egen brandcell. Varje våningsplan är sedan uppdelat i flera olika brandceller. Brandcellsgränser utgörs generellt av avgränsande väggar i klass EI 60. Brandcellsgräns mellan höglager och annan verksamhet utgörs av väggar i brandteknisk klass EI 90. Brandcellsavskiljande väggar mellan dispenserering/förråd och förpackning är utförda i klass A120. A-klass kan sägas motsvara dagens EI-klass.

3.3 Dörrar

Dörrar i brandcellsgräns är generellt av klass A60. Dörrar till trapphus är av klass EI 30 eller A 60.

3.4 Genomföringar i brandcellsgräns

Genomföringar i brandcellsgräns ska vara utförda i och tätade med typgodkända metoder och material för angiven klass. Detta såg ut att vara fallet vid platsbesöket.

3.5 Ytskikt

Ytskikt på väggar och tak skall vara utförda av material i B-s1, d0 (klass I). För väggar som inte är i utrymningsvägar skall ytskiktet vara av klass C-s2, d0 (klass II). (Brandskyddsdocumentation)

3.6 Skydd mot brandspridning mellan byggnader

Byggnaden är sammanbyggd med byggnaderna 622, 623 och 658. Mellan 621 och 622 består avskiljningen av en sluss med dörrar av klass EI 60 åt båda håll. Dörrarna är uppställda på magneter kopplade till brandlarmet. Vid platsbesöket testades flera olika dörrar som var uppställda på magnet som alla hade fullgod funktion. Vägg mellan B621 och B622 är utförd i brandteknisk klass A120. Avskiljning mellan de andra byggnaderna består av dörrar i minst klass EI60.

3.7 Ventilationssystemet

En genomgång av ventilationssystemet har gjorts tillsammans med Peter Kekkonen på AstraZeneca vid platsbesöket i september 2006. Ventilationssystemet är ett så kallat FT-system (Från- och Tilluftsystem) bestående av ett antal från- och tilluftaggregat. Tilluften tas från taket där också frånluften lämnas. De flesta brandceller är försedda med separata ventilationssystem, vilket gör att brandgasspridning via ventilationssystemet till andra brandceller inte är möjligt. I fall där aggregat förser flera brandceller med ventilation finns brandgasspjäll installerade för att hindra brandgasspridning. I tabell 3.1 visas luftomsättningar för olika delar av byggnaden. Värdena har erhållits vid samtal med Peter Kekkonen.

Tabell 3.1. Luftomsättningar för olika delar av verksamheterna i byggnaden

Plats i byggnaden	Antal luftomsättningar per timme
Dispensering rödzon	10
Dispensering blåzon	5
Förråd	2
Varumottagning	3
Förpackning rödzon	8-12
Förpackning blåzon	2-5
Övriga ytor	2-5

3.7.1 Ventilation vid dispensering

I båsen där dispensering sker finns fläktar i väggen. Dessa ska suga upp eventuellt spill och damm som kan uppstå i arbetet. Fläktarnas huvudsakliga uppgift är att bidra till en säker arbetsmiljö fri från allergiframkallande ämnen.

3.7.2 Ventilationssystemet vid brand

Det funktionskrav som ställs i BBR 5:653 (Boverket, 2002) anger att luftbehandlingsinstallationer skall utformas så att tillfredsställande skydd mot spridning av brandgaser mellan brandceller erhålls.

Ett FT-system är känsligare än ett F-system för spridning av brandgaser. Det betyder att det är lättare för brandgaser att spridas i ett FT-system än i ett F-system. När trycket i brandrummet ökar och blir högre än trycket i T-systemet kommer spridning av brandgaser att ske till andra rum. (Jensen, 2002)

Som skydd mot brandgasspridning via ventilationssystem har valts metoden fläktar i drift. Vid brand sker detektering antingen med rökdetektorer i frånluftsystemet eller via detektion från brandlarmet. (Brandskyddsdocumentation, 2006-08-03)

3.8 Rökluckor/Fläktar

Rökluckor finns installerade i taket på flera ställen på plan 2. I förrådet öppnas luckorna antingen via smältbleck som aktiveras vid 150°C, eller så öppnas de manuellt via manöverpanel (samtal med Thomas Dahlin, AstraZeneca Riskhantering & Säkerhet). I innertaket i förpackningen finns rökluckor som endast kan öppnas manuellt via manöverpanel vid nödutgång mot byggnad 623.

Brandgasfläktar finns installerade i bland annat förråd, godsmottagning, samt ovanför innertaket i förpackningsdelen. Funktionskontroll utförs en gång om året för både rökluckor och fläktar.

3.9 Brandposter

Inomhusbrandposter med slangrullar på hjul finns utplacerade på en del platser i byggnaden, framförallt i lagerlokalerna.

3.10 Handbrandsläckare

Handbrandsläckare finns utplacerade i byggnaden. I produktion och dispensering finns framförallt skum- och kolsyresläckare. I godsmottagningen finns även pulversläckare. Vid besöket gjordes bedömningen att avstånd till närmsta släckare inte överstiger 25 meter.

3.11 Sprinkleranläggning

I byggnad 621 finns vattensprinkleranläggning installerad. Sprinkleranläggningen är dimensionerad efter SBF:s regler. Sprinklercentralen är placerad på plan 1. I förrådet finns stordroppsprinkler installerade i taket. Dessa ska vara dimensionerade efter NFPA:s regler (NFPA 13) för sprinkleranläggning (Thomas Dahlin, AstraZeneca Riskhantering & Säkerhet). Aktivering av sprinkler sker via smältbulb med en aktiveringstemperatur på 68°C och med ett maximalt RTI-värde på $50\sqrt{ms}$ (Stig Hyllman, AstraZeneca Riskhantering & Säkerhet). Enligt den Brandskyddsdokumentation som erhållits uppges dock att RTI-värdet är maximalt $100\sqrt{ms}$.

Eftersom det inte finns kommunalt vattenledningsnät på området har man en vattentank för att kunna förse sprinkleranläggningen med vatten. Tanken är på 1236 m³. Vid sprinkleraktivering aktiveras brandlarmet. Vid samtal med Thomas Dahlin på AstraZeneca Riskhantering & Säkerhet har det framkommit att utrymningslarmet inte aktiveras vid sprinkleraktivering utan måste aktiveras manuellt. I brandskyddsdokumentationen står dock att utrymningslarmet aktiveras vid sprinkleraktivering.

3.12 Automatiskt brandlarm

Automatiskt brandlarm finns installerat i hela byggnaden. Larmet är tyst men blinkande lampor går igång om larmet aktiveras. Lampornas funktion testades inte vid platsbesöket, men bedöms vara synliga från de flesta platser där personer vistas.

Detektion sker med hjälp av rökdetektorer samt vid sprinkleraktivering. Vid larm sker överföring till vakten samt på dagtid även till industribrandkåren. I vakten finns en larmknapp som är direktkopplad till kommunala räddningstjänsten. Kommunala räddningstjänsten blir larmad i ett första läge då brandlarmet aktiveras, men man åker inte med blåljus (prio 2-larm). Larmlarmet är placerad på plan 1.

3.13 Utrymningslarm

Utrymningslarm finns installerat i hela byggnad 621. Larmet aktiveras manuellt genom larmknappar som finns utplacerade på olika platser i byggnaden. Ofta är larmknapparna placerade tillsammans med brandlarmknapp som tillsammans är utmärkta med en lampa. Om utrymningslarmet aktiveras så aktiveras också brandlarmet. Utrymningslarmet aktiveras dock inte då brandlarmet aktiveras.

Utrymningslarmet styr också andra funktioner i byggnaden. Dörrar som normalt kräver kort för passage låses automatiskt upp vid aktivering av utrymningslarmet. De slussar som finns i dispenseringen kan också öppnas direkt när utrymningslarmet aktiveras. Vid strömavbrott låses alla låsta dörrar upp automatiskt (Stig Hyllman, AstraZeneca Riskhantering & Säkerhet).

3.14 Industribrandkår

AstraZeneca har en egen industribrandkår på anläggningen i Gärtuna. Stationen är placerad i byggnad 651. Till hjälp har man en släckbil, samt normal släckutrustning. Brandmännen

jobbar normalt inom produktionen eller på AstraZeneca Riskhantering & Säkerhet. Från det att larm kommer på personsökare tar det cirka 2-3 minuter till att de är på plats (Brandskyddsdocumentation daterad 2006-12-04).

3.15 Utbildning av personal

All personal på AstraZeneca genomgår brandskyddsutbildning. I utbildningen ingår övergripande information om brand och utrymning samt hantering av handbrandsläckare och annan brandskyddsutrustning. Utbildningen sker med 3-5 års mellanrum beroende på i vilken verksamhet arbetet sker i. Kontorspersonalen utbildas inte lika ofta som personal i produktionen. (Stig Hyllman, AstraZeneca Riskhantering & Säkerhet)

3.16 Kommunal Räddningstjänst

Räddningstjänsten i Södertälje ingår i Södertörns Brandförsvarsförbund. Brandstationen i Södertälje ligger centralt i staden och insattiden till Gärtuna bedöms vara cirka 10 minuter från att larm inkommit. Styrkan består av en insatsledare, en styrkeledare och fem brandmän. Vid behov kan också andra stationer inom förbundet rycka ut. (Internetreferens 3)

4 Riskanalys

Riskhantering kan ofta sägas omfatta ett företags hela säkerhets- och skyddsarbete. Detta inkluderar administration, kontroll och verkställighet av de skadebegränsande och förebyggande arbeten som utförs för att skydda de anställda, företaget, närboende och miljön mot skador och förluster (Kemikontoret 2001). Som en del i riskhanteringsarbetet kan man använda sig av riskanalyser för att systematiskt identifiera riskkällorna i ett system samt värdera risken med dem.

För att få en bättre bild av de olika riskerna som har med brand- och personsäkerhet att göra kommer en riskanalys att genomföras. Den analysmetod som valts att utgå ifrån är grovriskanalys. Grovriskanalys är bra att använda för att få en bra överblick över ett befintligt objekt, men används också ofta vid planering av nya objekt (Kemikontoret, 2001). Analysmetoden ger en lista på möjliga skadehändelser från de riskkällor som identifierats, med sannolikhets/frekvens- och konsekvensvärdering. Syftet med grovanalysen är att få en bra översikt över vilka incidenter/scenarier som utgör de största riskerna.

Riskanalysen kommer att baseras på en rad olika saker. Först och främst kommer de risker som finns med i AstraZenecas Basis of SHE för byggnad 621 att gås igenom. Sedan kommer en genomgång av de risker som framkommit genom samtal med personer med insikt i verksamheten att gås igenom. Även risker som finns med i brandskyddsdocumentationen kommer granskas. Till sist kommer även risker som uppmärksammats vid platsbesöket att gås igenom. Viss litteratur som har att göra med risker i industrier kommer också att studeras.

4.1 Bedömning av frekvenser

Bedömning av frekvenser för brandscenarier är ofta svåra att uppskatta. En orsak till detta att det saknas tillförlitlig brandstatistik för många typer av industrier (Davidsson, 2003). Dessutom är ingen industri exakt likadan som någon annan och det kan skilja mycket i både tekniska och organisatoriska skyddssystem.

Bedömningen av frekvenser för olika scenarier har baserats på en rad olika saker. En del av bedömningarna är gjorda av AstraZeneca i arbetet med Basis of SHE. Andra bedömningar har gjorts med hjälp av Rutsteins formler för beräkning av hur ofta brand uppkommer i olika typer av industrier (Johansson, 1998). Metoden utgår från golvarean i verksamheten och man kan utifrån denna beräkna frekvensen för hur ofta brand uppstår i en byggnad. Metoden är ganska gammal och det kan ifrågasättas hur aktuella formlerna är för dagens industrier. I brist på annat material i form av mer specifik statistik från jämförbara anläggningar har metoden ändå använts i detta arbete. Resultaten från frekvensberäkningarna har jämförts med statistik från Räddningsverket (Räddningsverket, 2005) samt egna bedömningar.

Räddningsverkets statistik kan också ifrågasättas eftersom det endast är insatser från kommunal räddningstjänst som inrapporteras. AstraZeneca gör alltså ingen rapportering till Räddningsverket över olyckor där endast den egna industribrandkåren stått för insatsen (Thomas Dahlin, AstraZeneca Riskhantering & Säkerhet). Med detta i åtanke är det möjligt att många bränder på industrier aldrig blir inrapporterade till räddningsverkets statistik eftersom flera stora industrier i Sverige har egen industribrandkår.

De kvantitativa frekvenserna i analysen är satta på en skala mellan 1 till 5 och är samma skala som AstraZeneca använder i Basis of SHE. Förklaring till sifferskalan kan ses nedan i tabell 4.1.

Tabell 4.1. Förklaring till sifferskalan för frekvenser.

Skala	Frekvens
1	< 1 gång per 100 år
2	1 gång per 10-100 år
3	1 gång per 1-10 år
4	1 gång per år
5	Flera gånger per år

4.2 Bedömning av konsekvenser

Konsekvenserna är grovt uppskattade i den här delen av arbetet. Bedömning av konsekvenser har gjorts dels med hjälp av uppgifter från AstraZeneca, bedömning av skyddssystem, samt med egna observationer som gjorts vid platsbesöket. De kvantitativa konsekvenserna är värderade på en skala från 1 till 5. Det är samma skala som AstraZeneca använder i Basis of SHE. Skalan kan vara något skev i och med att de flesta stegen på skalan innebär ganska lindriga skador på individer. De scenarier med allvarliga konsekvenser hamnar därför automatiskt högt upp på konsekvensskalan. Förklaring till sifferskalan kan ses nedan i tabell 4.2.

Tabell 4.2. Förklaring till sifferskalan för konsekvenser.

Skala	Konsekvens
1	Inga betydande hälsoeffekter, snabbt övergående obehag
2	En eller flera personer får lindriga skador, omplåstring på plats. Behöver ej läkarvård.
3	Måste ha behandling av medicinsk personal. Inga vidare men efter läkning.
4	Allvarlig kroppsskada, förlust av mindre kroppsdel eller nedsatt syn eller hörsel.
5	En skada som leder till bestående invaliditet eller dödsfall.

4.3 Risker som inte tagits med i riskanalysen

I och med att AstraZeneca arbetar med läkemedel görs det en del djurförsök på anläggningen i Gärtuna. Detta är en risk med tanke på att aktivister kan tänkas göra attentat mot anläggningen. Djurförsök utförs inte i B621 utan i en annan byggnad som inte angränsar till B621. Eftersom byggnad 621 är placerad långt in på anläggningen samt att mängden brännbart material utanför byggnaden på platsbesöket bedömdes som liten vilket gör att risken för anlagd brand anses liten. Anlagd brand i industribyggnader är dessutom statistiskt sett väldigt liten enligt Räddningsverket (Räddningsverket, 2005) varför inte denna risk har tagits med i analysen. Anläggningen är dessutom skyddad med stängsel och anställda har bara tillträde till de byggnader på anläggningen som de arbetar i.

4.4 Riskidentifiering

Här följer en översiktlig genomgång av de risker som identifierats i byggnaden. Frekvensberäkningar för de olika scenarierna kan ses i bilaga A.

4.4.1 Basis of SHE förpackning

Följande risker finns med i Basis of SHE daterad 2006-04-04 som har att göra med personsäkerhet vid brand och utrymning. Alla riskkällorna är inte specifikt genomgångna i

rapporten men finns omnämnda i alla fall. Efter genomgång av rapporten har följande scenarier identifierats:

- Scenario: S1** **Händelse:** Damm kan förekomma i verksamheten
Orsak: Kross av påsar
Skada: Allergi, Explosion
Sannolikhet: 3
Konsekvens: 3
Kommentar: Scenariot finns inte med i den utförliga scenariobeskrivningen i rapporten men finns med i sammanfattningen som en av de största riskerna. Explosionsrisken finns inte med i BoSHE rapporten. Sannolikhet och konsekvens är satta efter vår egen bedömning.
- Scenario: S2** **Händelse:** Handhavandefel vid folieträring
Orsak: Handhavandefel
Skada: Brännskada
Sannolikhet: 2
Konsekvens: 2
Kommentar: Sannolikhet och konsekvens är satta av AstraZeneca.
- Scenario: S3** **Händelse:** FU service och limbyte
Orsak: Mekanikerarbete
Skada: Exponering/Brännskada
Sannolikhet: 3
Konsekvens: 3
Kommentar: Sannolikhet och konsekvens är satta av AstraZeneca.

4.4.2 Basis of SHE förråd

Följande risker finns med i Basis of SHE daterad 2006-08-23 som har att göra med personsäkerhet vid brand och utrymning. Alla riskkällorna är inte specifikt genomgångna i rapporten men finns omnämnda i alla fall. Efter genomgång av rapporten har följande scenarier identifierats:

- Scenario: S4** **Händelse:** Krock med truck
Orsak: Krock
Skada: Spill, personskada
Sannolikhet: 3
Konsekvens: 3
Kommentar: Sannolikhet och konsekvens är satta efter vår egen bedömning vid platsbesöket.
- Scenario: S5** **Händelse:** Pallras
Orsak: Pallar rasar
Skada: Krosskada, spill
Sannolikhet: 3
Konsekvens: 3

Kommentar: Sannolikhet och konsekvens är satta efter vår egen bedömning.

Scenario: S6

Händelse: Brand vid truckladdningsplats

Orsak: Brand på grund av stor energimängd på lite yta.

Konsekvens: Brand

Sannolikhet: 3

Konsekvens: 1

Tekniska Åtgärder: Sprinkler och brandsläckare finns i truckladdningsrum. Om ventilation bortfaller bryts spänning till truckladdningsplatser.

Administrativa åtgärder: Uttjänta batterier tas om hand av truckleverantör.

Kommentar: Sannolikhet och konsekvens är satta efter vår bedömning. Sannolikheten är baserad på beräkningar enligt Rutstein (se bilaga A) samt det faktum att truckladdningsplats utgör en ökad risk för brand. Konsekvensen är lågt skattad beroende på att det finns speciella truckladdningsrum i egen brandcell med bra brandskydd.

Scenario: S7

Händelse: Spill av substans i godsmottagning

Orsak: Trasig förpackning/Förpackning går sönder vid hantering.

Konsekvens: Exponering

Sannolikhet: 3

Konsekvens: 3

Tekniska åtgärder: D-sug finns vid port för att underlätta sanering av spill.

Administrativa åtgärder: Spillrutiner? Skall finnas

Kommentar: Sannolikhet och konsekvens är skattade utifrån vår bedömning.

Scenario: S8

Händelse: Brand

Orsak: Brand i lagring av brandfarlig/mycket brandfarlig vara.

Konsekvens: Materiell skada och påverkan på inre och yttre miljö.

Sannolikhet: 2

Konsekvens: 3

Kommentar: Sannolikheten är baserad på beräkningar enligt Rutstein (se bilaga A) samt vår bedömning. Sannolikhet och konsekvens är relativt lågt skattade eftersom det finns bra rutiner för hantering och lagring. Bland annat finns det brandskåp för brandfarlig vara.

4.4.3 Samtal med personer som är väl insatta i verksamheten

Vid platsbesöket i september 2006 genomfördes samtal med arbetsledare Rolf Harder för lager/dispensering och Bo Hammarstedt för förpackningen. Det har inträffat en brandincident i förpackningen de senaste åren. En maskin som märker etiketter med laser hade blivit överhettad av en trasa som glömts i maskinen efter rengöring. Branden släcktes omedelbart av personal som fanns på plats. Maskinen har gjorts om och ska idag vara säkrare. Brand i förpackningsmaskin skulle alltså kunna vara ett tänkbart brandscenario.

Samtal har även genomförts med Thomas Dahlin och Stig Hyllman på AstraZeneca Riskhantering & Säkerhet. Sprinklersystemet töms ibland på en del sektioner när man bygger ut systemet. Detta kan ske när normal verksamhet pågår i lokalerna. Även brandlarmet är då avstängt eftersom det pågår heta arbeten. Detta utförs ungefär en gång per år i respektive byggnad och bortkopplingen pågår under maximalt en dag. Systemet töms på morgonen, inkoppling sker under förmiddagen och återfyllning sker under eftermiddagen så att allt är i drift igen vid normalarbetstidens slut. Därutöver utförs inga speciella åtgärder (Stig Hyllman, AstraZeneca Riskhantering & Säkerhet). Detta skulle troligtvis få stora konsekvenser vid brand eftersom brandbelastningen på en del platser, bl.a. lågförrådet, anses vara hög. Det har varit några tillbud med bland annat el-kontakter som börjat brinna i andra byggnader på AstraZeneca. Detta skulle kunna vara en tänkbar brandstiftare i byggnad 621. Detta leder fram till följande scenario:

Scenario: S9 **Händelse:** Brand när sprinklersystem och brandlarm är urkopplade
Orsak: Heta arbeten leder till brand. Även andra antändningskällor är möjliga.
Konsekvens: Mycket stor materiell skada samt personskador
Sannolikhet: 2
Konsekvens: 5
Kommentar: Sannolikheten är enligt vår bedömning samma som vid brand av annan orsak beroende på att det innebär en större risk i och med att heta arbeten utförs.

4.4.4 Risker som tagits upp i brandskyddsdocumentationen

I brandskyddsdocumentationen finns endast en generell genomgång av brandrisker på de olika våningsplanen och verksamheterna. Tänkbara tändkällor som nämns är elfel av något slag. Ingen mer specifik kvantifiering av brandriskerna finns. Följande bedömning finns i brandskyddsdocumentationen:

Plan 1: Medialokaler, Måttlig brandrisk
Plan 2: Brand i dispensering, förpackning och kontor. Normal brandrisk
Plan 2: Brand i förråd, normal brandrisk
Plan 3: Omklädning, måttlig brandrisk
Plan 1-4: Kontor, normal brandrisk

4.4.5 Risker som identifierats vid platsbesöket

De största riskerna som iakttagits vid platsbesöket är belägna på plan 2. Det är här den industriella verksamheten pågår samt att det även finns lager och förråd med mycket brännbart material. På plan 2 vistas också de flesta personer i byggnaden. Nedan följer en genomgång av olika scenarier som identifierades vid besöket.

Scenario: S10 Vid dispenseringen hanteras en mängd olika ämnen i pulverform. Spill av pulver skulle kunna leda till dammexplosion. Ingen utredning verkar vara gjord om ytterligare klassning av lokalerna behövs.

Händelse: Dammexplosion
Orsak: Spill av pulver som antänds
Konsekvens: Materiell skada och personskada
Sannolikhet: 2

Konsekvens: 5

Kommentar: Explosion leder förmodligen till allvarliga skador varför konsekvensen bedöms som hög. Sannolikheten bedöms som relativt låg eftersom lokalerna är rena och det verkar vara god ordning och reda.

Scenario: S11

Lågförrådet på plan 2 innehåller en hel del brännbart material i form av pallar, plastförpackningar, kartonger m.m. Om man dessutom räknar med alla ämnen som finns lagrade så ökar förmodligen brandbelastningen ytterligare. Tänkbar tändkälla är en truck som går sönder och börjar brinna, eller ett lysrör som börjar brinna och smälter ner på stället. Oklart om sprinklersystemet klarar att släcka/kontrollera branden.

Händelse: Brand i lågförråd

Orsak: Brand i truck eller lysrör

Konsekvens: Materiell skada och personskada.

Sannolikhet: 2

Konsekvens: 5

Kommentar: Mycket brännbart material leder till stor brandbelastning.

Scenario: S12

Laddning av truckar sker vid förpackning utan att vara avskilt från övrig verksamhet. Laddningen sker nära en nödutgång och det finns mycket brännbart material i närheten.

Händelse: Brand i förpackningsdel

Orsak: Brand i truck eller truckbatteri vid laddningsplats nära brännbart material.

Konsekvens: Materiell skada och påverkan på inre och yttre miljö.

Sannolikhet: 3

Konsekvens: 4

Kommentar: Konsekvensen bedöms hög på grund av att det vistas mer folk här än i förrådet. Takhöjden är lägre än i förrådsdelen vilket borde ge snabbare tid till kritiska förhållanden. Långa avstånd till utrymningsvägar gör också att konsekvensen bedöms kunna bli hög.

Scenario: S13

Brandscenario i maskiner i förpackning verkar ej finnas med i Basis of SHE rapporterna. Detta trots att man har haft ett tillbud i en maskin tidigare.

Händelse: Brand i förpackningsmaskin

Orsak: Brand i förpackningsmaskin

Konsekvens: Materiell skada och personskada.

Sannolikhet: 3

Konsekvens: 4

Kommentar: Sannolikheten bedöms vara något högre än för brand i truckladdningsplats beroende på att man haft ett tillbud i en

maskin tidigare. Sannolikheten väljs ändå till samma intervall som för brand vid truckladdningsplats.

Scenario: S14

Många olika kemikalier lagras och används i byggnaden. Ingen genomgång verkar vara gjord för ett scenario där olika kemikalier blandas. Detta skulle till exempel kunna ske om två truckar krockar.

Händelse: Kemikalier blandas

Orsak: Krock med truck vilket leder till att kemikalier spills ut.

Konsekvens: Svårbedömt, men flera substanser är hälsovådliga var för sig.

Sannolikhet: 1

Konsekvens: 4

Kommentar: Ingen utredning verkar finnas över konsekvenser vid blandning av ämnen. Enligt AstraZeneca (mailkontakt med Johanna Åhs) är detta scenario väldigt osannolikt beroende på att man hanterar en vara i taget och att truckarna kör med lasten bakom sig.

Scenario: S15

På kontoren finns en del brännbart material i form av trä, papper, böcker och annat kontorsmaterial. Elektriska apparater är en tänkbar tändkälla till brand i kontorsdelarna.

Händelse: Brand i kontorsutrymmen

Orsak: Elektrisk utrustning börjar brinna.

Konsekvens: Materiell skada och personskada

Sannolikhet: 2

Konsekvens: 2

Kommentar: Konsekvensen anses vara ganska låg beroende på sprinkler, bra tillgång till utrymningsvägar och manuell släckutrustning.

Scenario: S16

I omklädningsrummen finns klädsäckar med kläder som ska tvättas. En brand skulle kunna uppstå på grund av ett lysrör eller någon annan elektrisk apparat.

Händelse: Brand i omklädningsrum

Orsak: Elektrisk utrustning börjar brinna.

Konsekvens: Materiell skada och personskada

Sannolikhet: 2

Konsekvens: 1

Kommentar: Konsekvensen anses vara väldigt låg beroende på sprinkler, bra tillgång till utrymningsvägar och manuell släckutrustning. Dessutom är omklädningsrummen små och lättöverskådliga.

Scenario: S17

I godsmottagningen finns mycket brännbart material i form av lastpallar av trä och plast. Vid lossning av lastbilar finns det dessutom mycket annat material som skulle kunna brinna.

Händelse: Brand i tompallar i godsmottagning

Orsak: Stor brandbelastning

Konsekvens: Brandskada och kroppsskada om pallarna rasar

Sannolikhet: 2

Konsekvens: 3

Tekniska åtgärder: Sprinkler

Administrativa: Regler för maximalt antal staplade pallar finns

Kommentar: Konsekvensen är skattad efter en sammanvägning av hög brandbelastning och låg persontäthet samt bra överblickbarhet över lokalen. Sannolikheten bedöms lägre än för brand i truckladdningsplats.

4.6 Riskvärdering

Här följer en sammanställning av de olika scenarierna presenterade i en riskmatris. Riskmatrisen följer AstraZenecas mall som använts i Basis of SHE rapporterna. Risker som hamnar i det gröna området anses som acceptabla eftersom den sammanvägda risken av frekvens och konsekvens är relativt låg. För riskerna som hamnar i det gula området krävs ytterligare utredning för att verifiera om risken kan anses som acceptabel. De risker som hamnar i det röda området anses som oacceptabla. En sammanställning av scenarierna kan ses i tabell 4.3 och riskmatrisen kan ses i figur 4.1.

Tabell 4.3. Sammanställning av de olika scenarierna som identifierats i grovanalysen.

Scenario	Beskrivning	Sannolikhet	Konsekvens
S1	Damm vid kross av pulverpåsar	3	3
S2	Brännskada vid folieträring	2	2
S3	Exponering/Brännskada vid service och limbyte	3	3
S4	Personskada/Spill vid krock med truck	3	3
S5	Krosskada/Spill vid pallras	3	3
S6	Brand vid truckladdningsplats	3	1
S7	Exponering vid spill av substans i godsmottag.	3	3
S8	Brand i brandfarlig/mycket brandfarlig vara	2	3
S9	Brand när sprinklersystem är bortkopplat	2	5
S10	Dammexplosion vid spill av pulver	2	5
S11	Brand i förråd	2	5
S12	Brand i förpackningsdelen	3	4
S13	Brand i förpackningsmaskin	3	4
S14	Kemikalier blandas vid spill	1	4
S15	Brand i kontorsutrymme	2	2
S16	Brand i omklädningsrum	2	1
S17	Brand i godsmottagning	2	3

Frekvens (F)

>flera gånger per år	5					
1 gång per år	4					
1 gång per 1-10 år	3	S6	S1, S3, S4, S5, S7	S12, S13		
1 gång per 10-100 år	2	S16	S2, S15	S8, S17	S9, S10, S11	
< 1 gång per 100 år	1			S14		
		1	2	3	4	5

Konsekvens (K)

Inga betydande hälsoeffekter. Snabbt övergående obehag	En eller flera personer får lindriga skador, omplåstring på plats. Behöver ej läkarvård	Måste ha behandling av medicinsk personal. Inga vidare men efter läkning	Allvarlig kroppsskada, förlust av mindre kroppsdel eller nedsatt syn eller hörsel	En skada som leder till bestående invaliditet eller dödsfall
--	---	--	---	--

Figur 4.1. Riskmatris med de olika scenarierna som identifierats i grovanalysen.

4.7 Jämförbara scenarier

Flera av scenarierna som identifierats i riskanalysen är relativt lika varandra. Några scenarier kan också tänkas vara startscenario för ett annat scenario. Framför allt två typer av scenarier verkar vara särskilt allvarliga för personsäkerheten, dammexplosion och brand. Det som kan skilja mellan de olika scenarierna är antändningskälla, placering och brännbart material. För att spara in simuleringstid samt för att få en mer översiktlig bedömning av personsäkerheten har valts att betrakta några scenarier som likvärdiga. Nedan följer en genomgång på vilka scenarier som är likvärdiga samt motiveringar till varför.

Dammexplosion

Det finns flera scenarier där dammexplosion skulle kunna tänkas bli en konsekvens. Scenario S1, S4, S5, S7, S10, S14 skulle i ett värsta fall kunna bidra till en dammexplosion. Även scenario S8 skulle kunna tänkas leda till dammexplosion i ett värsta fall. Dessutom skulle dammexplosion kunna ske vid en brand där det brinner hål på en förpackning, eller att ras sker med pulverförpackning som leder till en explosion. Dammexplosion kommer därför vara ett scenario för vidare analys.

Brand

Scenario S6, S8, S9, S11, S12, S13, S15, S16 och S17 är alla olika typer av brandscenarier. Scenario S2 och S3 skulle kunna vara startscenarier för scenario S12 och S13. Scenario S12 och S13 har båda relativt höga konsekvenser i grovanalysen. S12 och S13 anses som relativt likvärdiga som brandscenarier, där endast placeringen av branden skulle kunna skilja. Eftersom förpackningen är uppdelad i två olika brandceller kommer en vidare analys att göras för varje brandcell.

Scenario S11 har liksom S12 och S13 hamnat i det röda området i riskmatrisen. Scenariot skulle också kunna ske under scenario S9 då sprinklersystemet är bortkopplat. Scenario S9 kommer därför att utgöra en känslighetsanalys för scenario S11. Detta har valts på grund av den mycket höga brandbelastningen i scenario S11.

4.8 Bedömning av frekvenser för olika konsekvenser

För att få en bättre översikt över hur ofta olika konsekvenser kan tänkas inträffa i byggnaden har valts att göra en sammanställning av frekvenserna för de olika konsekvenserna. De olika scenarierna i sig kanske inte ser ut att vara en stor risk, men tillsammans med andra scenarier blir den sammanlagda frekvensen för en viss konsekvens större. Riskmatrisen kan med detta i åtanke ge en något felaktig bild av riskerna, men är bra för att se vilka scenarier som är särskilt allvarliga och ger de största bidragen till den totala riskbilden för de olika konsekvenserna. För att göra denna bedömning har valts att ge varje scenario den frekvens som ligger i mitten av frekvensspannet för varje steg på skalan. Steg 1 och 5 på skalan går inte att lösa på detta sätt utan frekvenssteg 1 har antagits vara 1 gång per 100 år. Frekvenssteg 5 antas att vara minst två gånger per år. Det betyder att scenarierna får frekvenser enligt tabell 4.4.

Tabell 4.4. Bestämda frekvenser för olika steg på skalan.

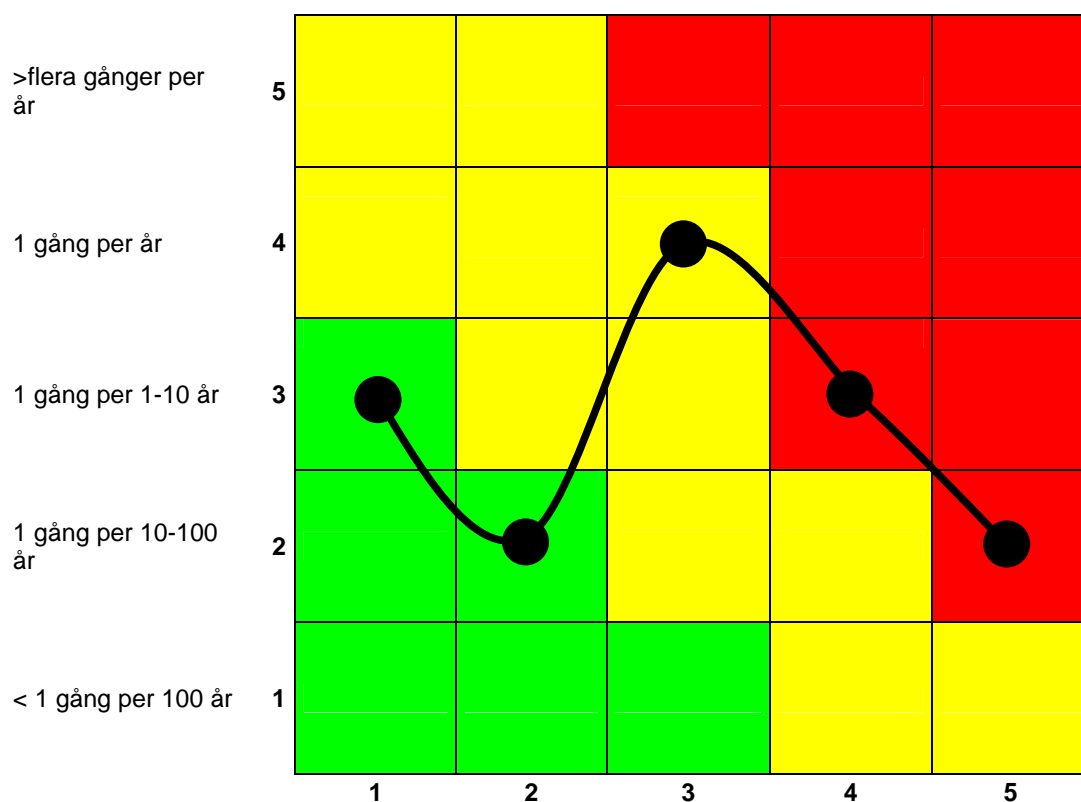
Frekvens	Intervall	Bestämd frekvens
5	Flera gånger per år	Minst 2 gånger per år
4	1 gång per år	1 gång per år
3	1 gång per 1-10 år	1 gång per 5,5 år
2	1 gång per 10-100 år	1 gång per 55 år
1	< 1 gång per 100 år	1 gång per 100 år

Med utgångspunkt från de bestämda frekvenserna enligt tabell 4.4 kan nu sammanlagda frekvenser för olika typer av konsekvenser beräknas. Detta utförs genom att frekvenserna för samtliga scenarier som leder till en viss konsekvens på skalan summeras och en total frekvens för varje konsekvens erhålls. Detta kan ses i tabell 4.5. De sammanlagda frekvenserna för de olika konsekvenserna illustreras sedan i figur 4.2.

Tabell 4.5. Sammanlagda frekvenser för olika typer av konsekvenser.

Konsekvens	Beräkning	Frekvens
5	$3 \cdot \frac{1}{55} = \frac{1}{18,33} \text{ år}$	2
4	$2 \cdot \frac{1}{5,5} + 1 \cdot \frac{1}{100} = \frac{1}{2,67} \text{ år}$	3
3	$5 \cdot \frac{1}{5,5} + 2 \cdot \frac{1}{55} = 1,06 \text{ ggr / år}$	4
2	$2 \cdot \frac{1}{55} = \frac{1}{27,5} \text{ år}$	2
1	$1 \cdot \frac{1}{5,5} + 1 \cdot \frac{1}{55} = \frac{1}{5} \text{ år}$	3

Frekvens (F)



Konsekvens (K)

Inga betydande hälsoeffekter. Snabbt övergående obehag	En eller flera personer får lindriga skador, omplåstring på plats. Behöver ej läkarvård	Måste ha behandling av medicinsk personal. Inga vidare men efter läkning	Allvarlig kroppsskada, förlust av mindre kroppsdel eller nedsatt syn eller hörsel	En skada som leder till bestående invaliditet eller dödsfall
--	---	--	---	--

Figur 4.2. Totala riskbilden fördelat på olika konsekvenser

4.9 Sammanställning av riskanalysen

I och med de olika källorna till riskidentifieringen har en översikt över riskerna erhållits. Att alla risker som finns inom verksamheten kommer med i en riskanalys kan dock aldrig garanteras. Det kommer alltid att finnas en möjlighet att någon risk antingen inte blir identifierat som en risk, eller att konsekvens eller sannolikhet blir felaktigt uppskattade.

En rad olika risker har identifierats i riskanalysen. I och med att Basis of SHE rapporterna inte är fullständiga saknas sannolikheter och konsekvenser för många scenarier. Framför allt är scenarier där brand finns med generellt väldigt dåligt utredda. Det finns även möjlighet att kombinationer av olika scenarier kan inträffa. Detta skulle kunna leda till ännu värre konsekvenser än om scenarierna inträffar var för sig. Generellt kan man därför säga att just riskerna för brand och utrymning är dåligt utredda för B621. Flera orsaker talar för att brand skulle kunna uppstå och brandbelastningen är på flera ställen i byggnaden hög eller mycket hög. Konsekvenserna av en brand skulle kunna vara att folk inte hinner ut innan kritiska förhållanden uppstår i och med att det är långa gångavstånd till utrymningsvägar. Det finns dock både aktivt och passivt brandskydd i byggnaden vilket gör att det är omöjligt att avgöra utan vidare utredning om utrymning kan klaras av innan kritiska förhållanden uppstår.

Fem stycken scenarier har hamnat inom det mörkare (röda) området i riskmatrisen. Under förutsättning att de frekvenser och konsekvenser som antagits i grovanalysen gäller så är dessa risker oacceptabla. På grund av detta har dessa scenarier valts att analyseras vidare i arbetet.

5. Vidare utredning av utvalda scenarier

Här följer en beskrivning av de scenarier som valts att utredas vidare i arbetet. En mer specifik genomgång av varje utvalt scenario kommer alltså göras för att kunna få en bra bedömning av de olika scenarierna. Detta kommer göras för att bättre kunna värdera de olika riskerna avseende på personsäkerhet.

5.1 Scenario S10: Risk för dammexplosioner

I verksamheten i B621 förekommer hantering och lagring av ett stort antal kemikalier i pulverform. Flera av scenarierna i riskanalysen skulle teoretiskt kunna leda till en dammexplosion då pulver spills ut, vid pallras eller att någon välter pulverbehållare med en truck.

5.1.1 Kriterier för att dammexplosion ska kunna inträffa

Det finns flera kriterier som måste vara uppfyllda för att en dammexplosion skall kunna ske. Först måste det vara ett brännbart ämne. Ämnet måste vara tillräckligt finfördelat och finnas i rätt koncentration i luften, dvs. dammet måste vara ”uppvirvlat”. När dessa kriterier är uppfyllda måste det finnas en tändkälla som har tillräckligt stor energi för att starta explosionen. Detta kallas för MIE, Minimum Ignition Energy och är den minsta energin som behövs för att antända ett moln av damm. (SBF, 1994)

Tänkbara tändkällor kan vara öppna lågor, varma ytor, gnistor m.m. Gnistor kan orsakas av till exempel elektriska apparater, vanliga strömbrytare samt statisk elektricitet (SBF, 1994). Samtliga av dessa tändkällor skulle kunna förekomma på de platser där pulver hanteras i B621. Öppna lågor förekommer vid heta arbeten och elinstallationerna som finns är inte klassade för explosionsfarlig miljö.

5.1.2 Kemikalier som hanteras i B621

En inventeringslista över kemikalier som hanteras i byggnaden har erhållits från AstraZeneca (mailkontakt med Johanna Åhs). Listan innehåller cirka 160 olika kemikalier, varav många är i pulverform. Enligt AstraZeneca ska det inte finnas några ämnen i byggnaden som kan orsaka dammexplosion, men det har inte gjorts någon genomgång eller analys av de ämnen som hanteras, både vad gäller brännbarhet vid brand och dammexplosionsbenägenhet. I figur 5.1 kan ses en bild över hur pulver hanteras i dispenseringen.



Figur 5.1. Hantering av pulver i dispensering.

En genomgång av ämnena i inventeringslistan har gjorts i RIB (Integrerat beslutsstöd för skydd mot olyckor) och Dust Explosions in the process industries (Eckhoff, 2003) som visar att flera ämnen skulle kunna orsaka dammexplosioner under förutsättning att de har rätt kornstorlekar, koncentrationer i luften och att MIE uppfylls. Flertalet av ämnena i inventeringslistan finns inte med i RIB eller Dust explosions varför det inte kan uteslutas att fler ämnen än dessa kan orsaka dammexplosioner vid rätt kornstorlekar, koncentrationer och tändenergier. I inventeringslistan framgår inte vilka ämnen som endast hanteras i höglagerdelen. Några ämnen kanske därför inte berör de delar som detta arbete behandlar. Ämnen som identifierats i inventeringslistan visas i tabell 5.1.

Tabell 5.1. Ämnen som hanteras i byggnaden som skulle kunna leda till en dammexplosion.

Ämne	Referens
Vinsyra pulver	RIB, Eckhoff, 2003
Acetylsalicylsyra 125/70	RIB, Eckhoff, 2003
Citronsyra (citronsyra monohydrat)	RIB
Natriumbensoat	RIB
Sorbitol	RIB
Cellulosa Mikrokrystallin 2	RIB (cellulosa)
Stearinsyra, mikroniserad (stearinsyra)	RIB, Eckhoff, 2003
Mjölksocker	Eckhoff, 2003
Polyvinylklorid	Eckhoff, 2003

5.1.3 ATEX-direktivet

Europaparlamentet och Europeiska rådet har tagit fram direktivet 1999/92/EG om minimikrav för förbättring av säkerhet och hälsa för arbetstagare som kan utsättas för fara orsakad av explosiv atmosfär, det så kallade ATEX-direktivet. Direktivet finns implementerat i svensk lagstiftning genom bland annat Arbetsmiljöverkets föreskrifter om arbete i explosionsfarlig miljö (AFS 2003:3). AFS 2003:3 ställer krav på att det ska finnas ett Explosions skydds dokument upprättat för verksamheter som kan innebära explosionsfarlig miljö. Ett Explosions skydds dokument skall enligt AFS 2003:3 innehålla följande:

- Explosionsriskerna har fastställts och bedömts
- Förekommande explosionsrisker och till dessa hörande skyddsutrustningar och säkerhetsrutiner.
- Indelning av klassificerade områden i zoner.
- Rutiner för utfärdande av arbetstillstånd, säker avställning och driftsklarhetsverifiering
- Förekommande samordningsansvar
- Hur arbetsplatsen, arbetsutrustning, skyddssystem, personlig skyddsutrustning, material, varningsanordningar, utrymningsvägar används och underhålls på ett säkert sätt
- Tryckavlastningszoner
- Rutiner för omhändertagande av spill, läckage och brand.

Enligt AstraZeneca uppfyller BoSHE 2006-08-22 kraven som krävs för ett Explosions skydds dokument. AFS 2003:3 föreskriver att ämnen som vid hantering kan förekomma i form av damm skall betraktas som ämnen som kan orsaka en explosiv atmosfär om inte utredning har visat att de inte kan orsaka explosion. Eftersom det inte verkar finnas

någon sådan utredning borde det vara så att dokumentet inte räcker som ett explosionskyddsdocument enligt AFS 2003:3. En mer noggrann utredning behöver alltså göras här för att fastställa om det verkligen finns ämnen som kan orsaka dammexplosioner. De värden för frekvens och konsekvens som satts i riskanalysen är på grund av ovanstående osäkerheter väldigt osäker. Sannolikheten skulle på grund av de olika pulversorternas sammansättning och brännbarhet vara både högre och lägre än det antagna värdet i riskanalysen. Konsekvensen skulle också kunna vara lägre än det antagna högsta värdet i riskanalysen beroende på vilka tryck som kan uppstå vid en dammexplosion.

5.1.4 Diskussion

Det har inte varit möjligt att inom tidsramen för detta arbete gå vidare med den utredning som behöver göras för att fastställa de verkliga riskerna för dammexplosioner med de ämnen som hanteras i B621. Ytterligare utredning av riskerna för dammexplosioner kommer härefter inte att göras i detta arbete utan överlätes åt AstraZeneca.

5.2 Scenario S11 och S9: Brand i förråd plan 2

Lager med högt lagrade varor innebär stora brandrisker. Lagringen i förrådet sker i ställage där varorna står på trä eller plastpallar. I förrådet finns flera olika typer av lagrade varor. De mesta som lagras är olika sorters pulver som används i läkemedelstillverkningen. Pulversorterna är förpackade på olika sätt. En del är lagrade i plasttunnor, andra sorter är lagrade i plastsäckar eller pappsäckar. Det förekommer även pulver och andra saker som är förpackade i kartonger av wellpapp. Generellt kan man säga att det mesta av det lagrade materialet är väldigt hårt förpackat i stället.

Det har varit väldigt svårt att få fram information om flera av de ämnen som lagras är brännbara eller inte. Ett antagande har därför gjorts att det är förpackningarna och lastpallarna som kommer att vara det huvudsakliga bränslet. I figur 5.2 kan ses bilder på lagring av kemikalier i förrådet.



Figur 5.2. Lagring av varor i förrådet.

5.2.1 Tändkällor

Tänkbara tändkällor för en brand i stället är trasiga lysrör som börjar brinna, vilket har visat sig i statistik från Räddningsverket (Johansson, 1998).

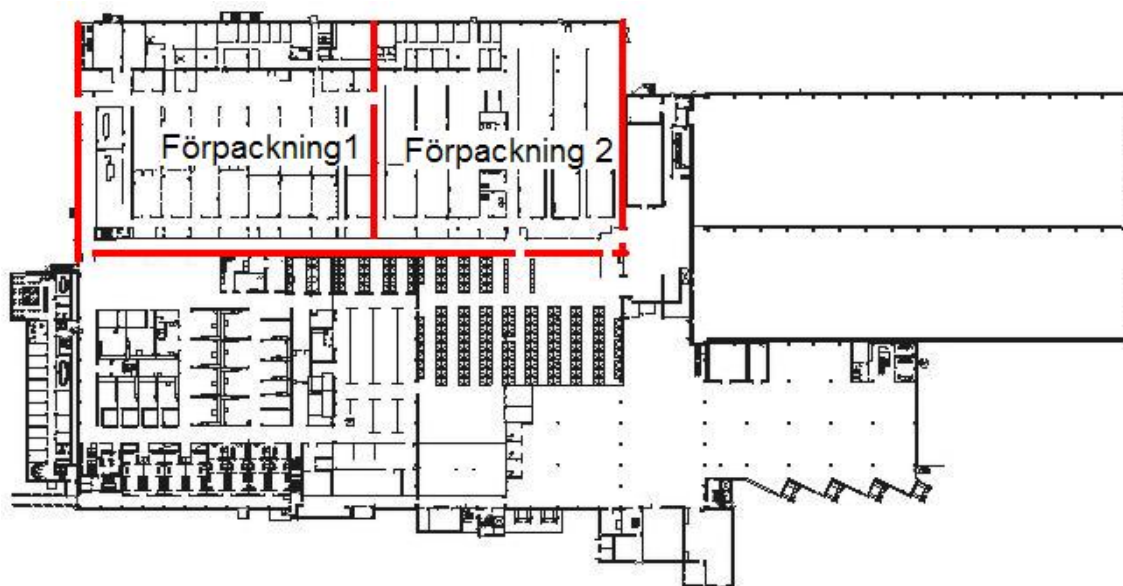
En annan tändkälla som skulle kunna orsaka brand är att det blir fel på en truck som börjar brinna (Perméus, 1996). Även om truckarna drivs med el istället för bensin så är de ändå en

potentiell tändkälla till en brand i förrådet. Truckarna har fast släcksystem med koldioxid installerat i motorrummet (Stig Hyllman, AstraZeneca Riskhantering & Säkerhet).

Heta arbeten är ytterligare en tändkälla som kan förekomma i förrådet. Utifrån tändkällan antas att branden sprider sig till stället. Normalt brukar man säga att det finns en förbrinntid, dvs. en viss tid det tar för branden att fästa sig i materialet för att sedan öka i intensitet enligt lämplig effektutveckling. Som ett konservativt antagande bortses från förbrinntid i scenariot. En driftig person kan under förbrinntiden dessutom hinna släcka branden.

5.3 Scenario S12 och S13: Brand i förpackning på plan 2

Förpackningsdelen i B621 är uppdelad i två brandceller som är ungefär lika stora. Takhöjden är i båda delarna 4,85 meter. I varje förpackningsdel finns ett antal förpackningslinjer där läkemedel paketeras. I ena brandcellen åtskiljs de olika förpackningslinjerna med 2,5 meter höga vägar, och i den andra brandcellen går skiljeväggarna ända upp i taket. På grund av de olika geometriska utformningarna har ett brandscenario i förpackningen delats upp i två olika scenarier, ett scenario för varje brandcell. Vad gäller brännbart material så skiljer i princip ingenting mellan de två brandcellerna, utan det är på grund av de geometriska förutsättningarna som två olika scenarier har valts att studera vidare. De olika scenarierna kommer härnäst att benämnas Brand i förpackning 1 och Brand i förpackning 2. Ritning på de två brandcellerna i förpackningen kan ses i figur 5.3 nedan.



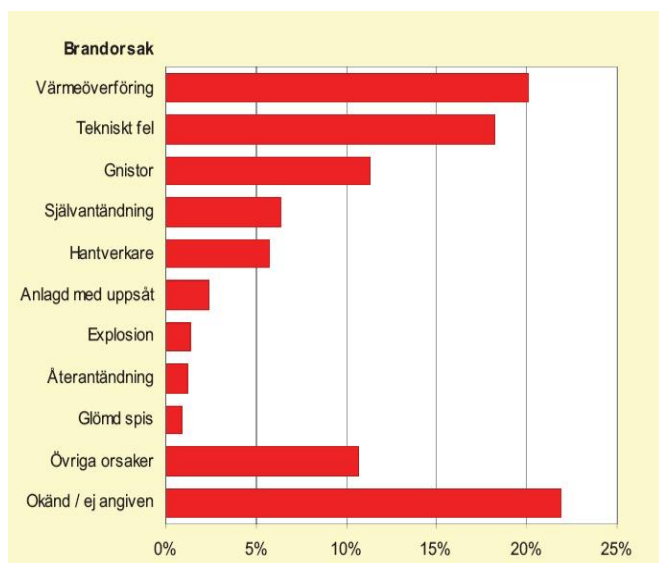
Figur 5.3. Brandcellerna i förpackningen.

I båda brandcellerna finns det förvarat mycket brännbart material i form av pallar, kartonger och liknande. Dessa förvaras uppställda längs väggar på flera olika platser i lokalerna. Bilder på förvaring kan ses i figur 5.4.



Figur 5.4. Brännbart material som förvaras i förpackningsdelen

De olika maskinerna som förpackar läkemedel i olika typer av emballage utgör också en brandrisk. Maskiner i kemisk industri utgör en av de vanligaste platserna där brand startar enligt statistik (Räddningsverket, 2005 och Johansson, 1998), vilket kan ses i figur 5.5 och tabell 5.2 nedan. En förpackningsmaskin har tidigare börjat brinna efter att en trasa som glömts i maskinen efter service blivit överhettad. Branden kunde släckas snabbt av personalen som fanns på plats. Nu är den maskinen utbytt mot en nyare modell.



Figur 5.5. Statistik över brandorsaker i industrier. (Räddningsverket, 2005).

Tabell 5.2. Startföremål för brand i kemiska industrier. (Johansson, 1998)

Startföremål	Antal	Andel (%)
Ej angivet	14	10,6
Byggnadens utsida	5	3,8
Lös inredning	2	1,5
Uppvärmningsanordning	13	9,8
Torkskåp	3	2,3
Transformator	3	2,3
Andra elinstallationer	18	13,6
Fläkt/annan ventilationsanläggning	16	12,1
Skräp i container eller motsvarande	1	0,8
Maskin	17	12,9
Övriga vägfordon	1	0,8
Brandfarlig vätska	4	3,0
Brandfarlig gas	2	1,5
Okänt	5	3,8
Annat	28	21,2
Totalt	132	100,0

Truckladdningsplats finns i den ena brandcellen. Laddningsplatsen är inte avskiljd från övrig verksamhet och brännbart material finns lagrat i direkt anslutning till denna. Bild på laddningsplatsen kan ses i figur 5.6 nedan. Det är känt sedan tidigare att truckladdningsplatser utgör en brandrisk (Perméus, 1996).



Figur 5.6. Truckladdningsplats nära brännbart material.

I de scenarier som kommer analyseras vidare har branden antagits utgöras av förvarat material som nämnts ovan. En eventuell brand i en maskin har varit svårare att hitta information om, därför har en sådan brand ansetts antingen som en brandstiftare till brand i lagrat material eller att ha ett liknande förlopp som en brand i lagrat material. En annan tänkbar tändkälla som kan förekomma är ett trasigt lysrör eller elinstallationer som fattar eld vilket har inträffat tidigare på AstraZeneca.

5.4 Brandens effektutveckling

Under den här rubriken beskrivs hur den förväntade effektutvecklingen för de olika brandscenarierna har tagits fram. Först görs en beskrivning av metoden som använts och sedan görs en bedömning av effektutveckling för de olika scenarierna.

5.4.1 Metod för utformning av effektkurva

Det finns många sätt att utforma effektkurvor för brandförlopp. Då inte experimentella data finns kan kurvor approximeras enligt olika metoder. De flesta bränder tillväxer med tiden och det har visat sig att en beskrivning av effektutvecklingen görs väl genom att ett tal multipliceras med tiden i kvadrat. Detta kallas för alfa- t^2 bränder. Uttrycket beskriver effektutvecklingen efter en så kallad förbrinntid, vilket kan sägas vara den tid det tar för branden att få fäste i materialet. Under förbrinntiden antas effekten vara låg. Konstanten alfa har experimentellt tagits fram för olika material, dock har fyra mer frekvent använda värden tagits fram, Slow, Medium, Fast och Ultrafast. Dessa redovisas i figur 5.7. I figur 5.8 kan ses hur olika alfa-värden ger olika effektutvecklingar. (Karlsson, 1998)

Som metod för att ta fram effektkurvor för brandscenarierna har alfa- t^2 valts. Metoden har valts därför att det finns många data från olika försök att jämföra med, samt att den är ganska enkel att räkna på. Dessutom går det att räkna detektionstider för sprinkler och brandlarm med programmet $detact-t^2$ om man använder alfa- t^2 metoden.

$$Q = \alpha \cdot t^2$$

Q = Effektutvecklingen [kW]

α = alfa-värde [kW/s²]

t = tid [s]

Tillväxthastighet	α
Slow	0,003
Medium	0,012
Fast	0,047
Ultrafast	0,19

Figur 5.7. Olika tillväxthastighet för effektkurvor.



Figur 5.8. Effektutveckling vid olika tillväxthastigheter för alfa- t^2 bränder.

5.4.2 Sprinklernas inverkan på brandförloppet

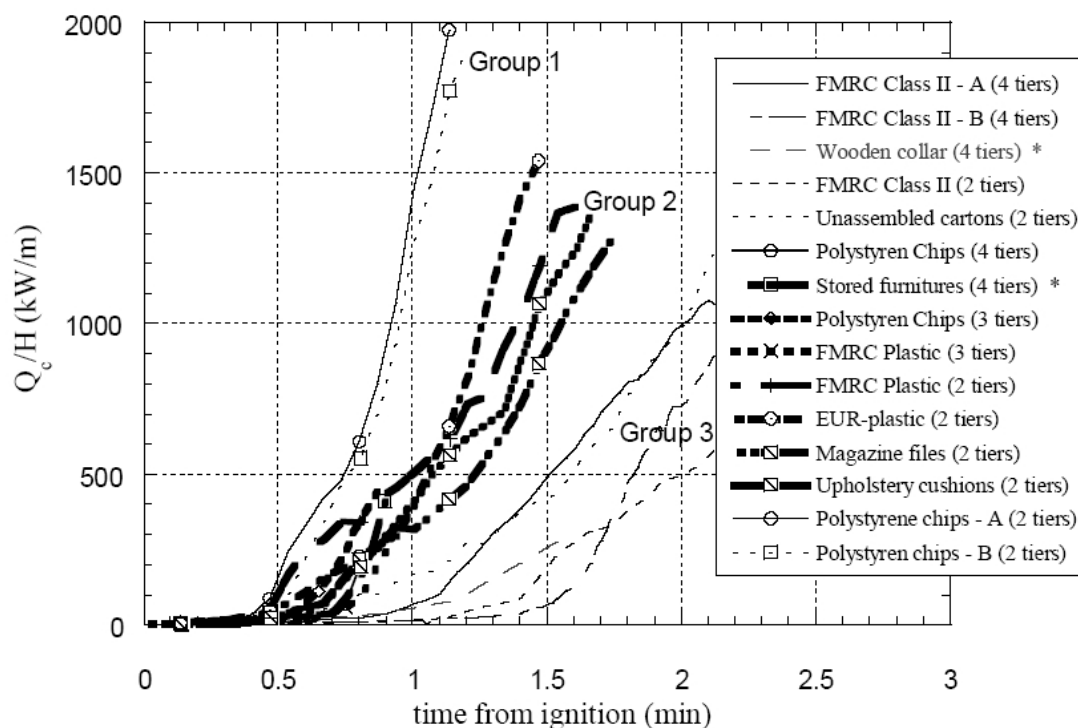
Sprinkleranläggningen har antagits vara i drift i samtliga scenarier. Det är dock svårt att avgöra vilken effekt den har på brandförloppet, därav har följande tre utfall identifierats:

- Sprinklern släcker branden
- Sprinklern kontrollerar branden så att den varken ökar eller minskar i effektutveckling.
- Sprinklern klarar inte att kontrollera branden utan effektutvecklingen fortsätter att öka.

Då sprinkleranläggningen är dimensionerad enligt gällande regler har det ansetts rimligt att anta att sprinkleranläggningen begränsar branden till den effekt som utvecklas vid sprinklerns aktivering.

5.4.3 Effektkurva för brand i förrådet

Hög lagring av varor betyder att det finns risk för mycket snabba brandförlopp. I och med att flamspridning sker vertikalt kan branden utvecklas mycket snabbt jämfört med om flamspridning endast kan ske horisontellt. Flera fullskaleförsök med material i ställage har genomförts. Resultat från försöken varierar väldigt mycket beroende på material, placering och lagringshöjd. En del av resultaten pekar på en snabbare brandtillväxt än Ultrafast. Materialen i dessa försök har dock inte alltid varit jämförbara med materialen i B621. Figur 5.9 är visat olika effektutvecklingar för lagrade varor.



Figur 5.9. Effektkurva för olika typer av lagrade varor. (Ingason, 2001)

Av de material från försöken i figur 5.9 ovan kan Unassembled cartons och Wooden collar anses bäst motsvara de material som finns som förpackningsmaterial i B621. Av diagrammet att döma skulle dessa effektkurvor ligga i spannet Medium till Fast i jämförelse med alfa- t^2 metoden. Det finns dock material lagrade i plastbehållare och på plastpallar vilket skulle kunna innebära snabbare tillväxt. Försök med lagrade träpallar visar på en brandtillväxt som

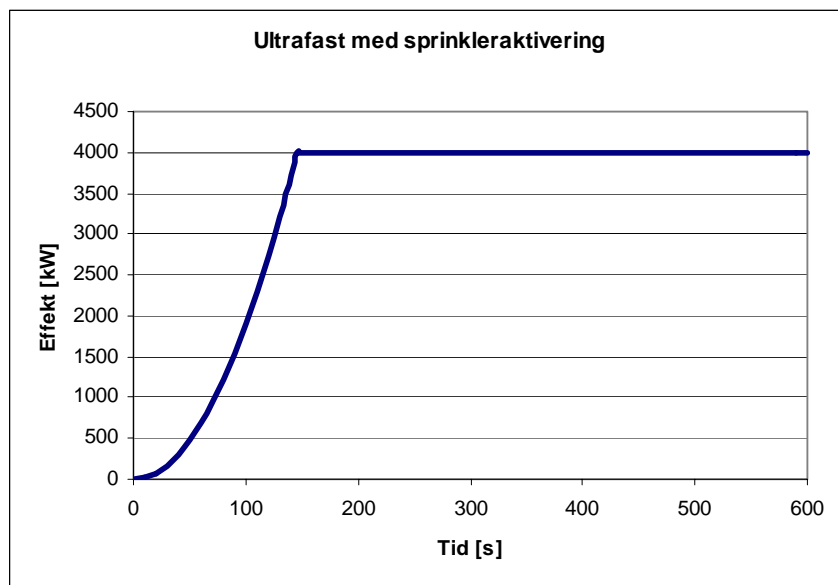
ungefär motsvarar Medium eller Fast (Babrauskas, 1998). Andra källor visar också på en Medium till Fast tillväxt för brand i lastpallar (Johansson, 1998). Utmärkande för nästan samtliga försök som gjorts är att tändkällan varit ganska kraftig. Drysdale föreslår en ultrafast effektutveckling för lagrat material i höglager (Drysdale, 1998).

Lämplig tillväxthastighet på brand i ställage i förrådet borde utifrån ovanstående källor vara väldigt snabb, därför har Ultrafast valts som brandtillväxt. Träpallar och hårda förpackningar tyder på en något långsammare tillväxt medan den stora osäkerheten i det lagrade pulversorterna och plastmaterial i pallar och förpackningar gör att den dimensionerande brandtillväxten inte kan sättas till lägre än Ultrafast. En känslighetsanalys av simuleringarna kommer att göras med en Fast brandtillväxt för att se hur resultatet påverkas av ändrad brandtillväxt.

Det är viktigt att veta om branden kommer att vara syrekontrollerad eller bränslekontrollerad. Eftersom det är väldigt stora ytor samt väldigt mycket brännbart material är det rimligt att anta att branden kommer att vara bränslekontrollerad. En kontrollberäkning av detta har gjorts i bilaga B vilken visar att både syre och bränsle räcker till för samtliga effektkurvor som studerats.

I förrådet finns sprinkler installerade. Sprinklerna är av typen stordroppssprinkler och systemet är dimensionerat efter NFPA:s regler för sprinkleranläggning. Aktiveringstider för sprinkleraktivering har simulerats med programmet Detact- t^2 . En beskrivning av hur programmet fungerar samt indata till simuleringarna finns i bilaga C samt bilaga D. På grund av att sprinklersystemet ibland kan vara avstängt, samt att taket inte är plant och att en del balkar i taket kan fördröja aktiveringstiden för sprinklern har valts att även undersöka hur brandförloppet ser ut om sprinklern inte skulle aktiveras.

Utifrån den dimensionerande tillväxthastigheten och tiden till sprinkleraktivering (145 s) har en effektkurva för brandförloppet tagits fram. Effektkurvan kan ses i figur 5.10 nedan. Kontroll av att bränsle och syretillförsel till branden räcker kan ses i bilaga B.



Figur 5.10. Ultrafast effektkurva med sprinkleraktivering.

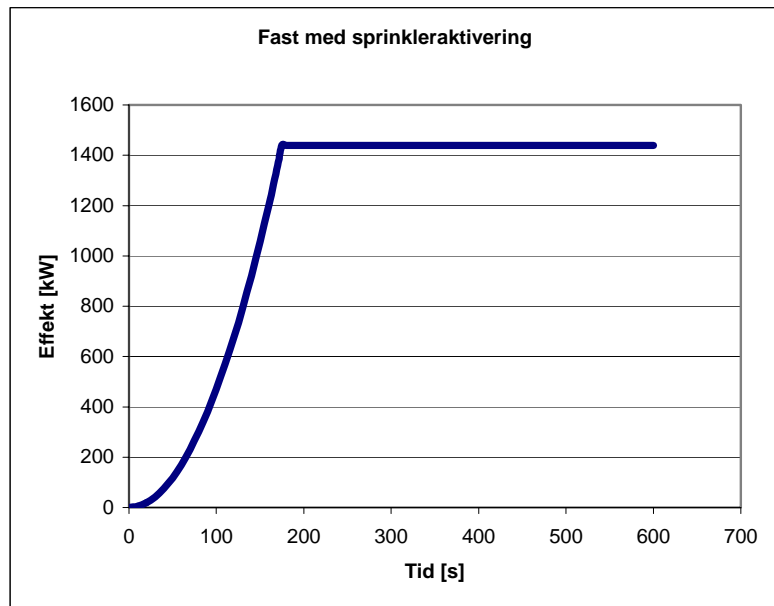
5.4.4 Effektkurva Brand i förpackning 1 och 2.

Det brännbara materialet vid en brand i förpackningen är det förpackningsmaterial i form av kartonger och annat som finns lagrat utefter väggarna. Tomma lastpallar förekommer också staplade på en del platser. Lagringshöjden för pallarna var vid platsbesöket drygt två meter.

Det finns ett flertal experiment gjorda för bränder i träpallar. I SFPE-handboken (Babrauskas, 1998) finns tabeller för försök som tyder på att den maximala effekten beror av lagringshöjden. Ju högre lagringshöjd desto högre maxeffekt och snabbare tillväxt. Flera källor säger att en brand i pallar och/eller kartong med lagringshöjd på cirka 2 meter har en snabb (Fast) brandtillväxt (Särdqvist, 1993; Bengtsson, 1993). För att få en konservativ bedömning har bortsetts från förbrinntid, det vill säga att effekten ökar enligt vald effektkurva direkt.

Sprinkleranläggningen har antagits vara i drift vid detta scenario. Dessutom är innertaket helt plant och det finns inte så många balkar och annat i taket som skulle kunna fördröja sprinkleraktiveringen som i scenariot med brand i förråd. Det finns dock ljudabsorberingsplattor som hänger under taket på vissa platser i förpackningen. Dessa är placerade en bit under taket varför det har antagits att dessa inte kommer att påverka sprinkleraktiveringen.

Sprinkleranläggningen antas vid aktivering kunna begränsa branden till den effekt som branden har vid tidpunkten. Aktiveringstiden har beräknats med Detact-t^2 och tiden till aktivering blev 176 sekunder (se bilaga D). Effektkurva enligt ovanstående resonemang kan ses i figur 5.11.



Figur 5.11. Effektkurva för Brand i förpackning 1 och Brand i förpackning 2.

6 Brandförloppsberäkningar

Under det här kapitlet beskrivs de resultat som erhållits vid simuleringar av brandförlopp. Först följer en genomgång av definitionerna för kritiska förhållanden när det gäller personsäkerhet vid brand.

6.1 Kritiska förhållanden

Eftersom det primära skyddsmålet i denna rapport är personsäkerhet kommer kritiska förhållanden definieras utefter de krav som ställs för människors säkerhet. Eftersom flera av lokalerna är renhetsklassade är det dock rimligt att utgå ifrån att det har blivit mycket omfattande skador på lokaler, maskiner, råvaror och färdigvaror när kritiska förhållanden för människor inträffar.

Enligt Boverkets Byggregler (Boverket, 2002) skall utrymning klaras av innan ett brandförlopp har skapat kritiska förhållanden i byggnaden. När kritiska förhållanden inträffar är utrymning inte längre möjlig. Vid bedömning av kritiska förhållanden bör flera olika parametrar beaktas. I tabell 6.1 följer en genomgång av de olika parametrarna.

Tabell 6.1. Parametrar för kritiska förhållanden (Brandteknik, 2005).

Parameter	Kriterium
Brandgaslagrets höjd	För att säker utrymning skall kunna ske får brandgaslagrets höjd inte understiga 1,6 meter + 10 % av rumshöjden . En förutsättning för att detta kriterium ska gälla är att temperatur, strålning, sikt eller toxicitet överskridit kritiska nivåer när brandgaslagret når kritisk höjd.
Temperatur	Om säker utrymning skall kunna ske får temperaturen under utrymningsförloppet inte överstiga 80°C .
Strålning	Under utrymning får personer utsättas för en strålningsintensitet på maximalt 10kW/m² under några få sekunder, eller en sammanlagd strålningsenergi på 60kJ/m ² utöver energin från en strålning på 1kW/m ² . Som ett alternativ till detta kan man använda sig av en maximal strålningsintensitet på 2,5kW/m² .
Sikt	För att utrymning ska kunna ske säkert krävs en siktbarhet på minst 5 meter i brandrummet och 10 meter i utrymningsvägarna .
Toxicitet	Vid utrymning får personer inte utsättas för skadliga doser av giftiga gaser eller för låg syrehalt. Gränsvärdena är maximalt 2000 ppm för kolmonoxid, maximalt 5 % för koldioxid och lägst 15 % syre .

6.2 Brandförlopp Brand i förråd

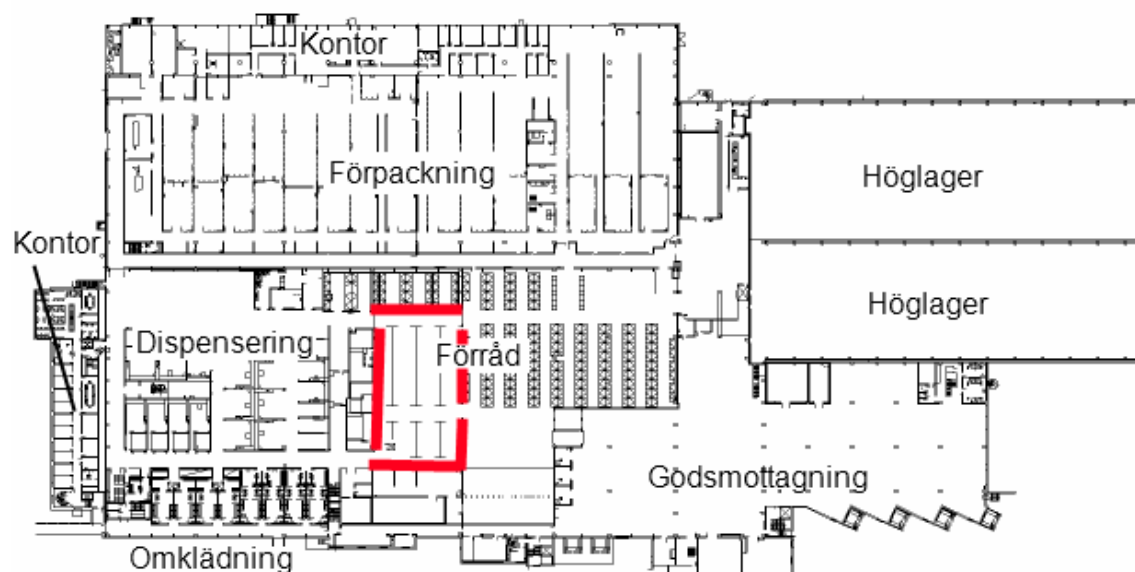
Brandförloppet i detta scenario har simulerats i tvåzonsmodellen CFAST (Consolidated Fire and Smoke Transport Model). En utförligare beskrivning av programmet och dess möjligheter och begränsningar kan ses i bilaga E. För att kontrollera giltigheten i resultaten i CFAST har även brandsimuleringar utförts med CFD-programmet FDS (Fire Dynamics Simulator). En utförlig beskrivning av FDS och dess möjligheter och begränsningar kan ses i bilaga F. Båda programmen har utvecklats av amerikanska NIST och mer information om programmen kan hittas på deras hemsida (Internetreferens 9 & 10 för CFAST resp. FDS).

6.2.1 Indata/förenklingar för simulering i CFAST

Utifrån ritningar och observationer som gjorts på plats har en del förenklingar fått göras för att brandförlopp skall kunna simuleras. Här följer en genomgång av de förenklingar och antaganden som har gjorts. Förrådets placering på plan 2 kan ses i figur 6.1.

En del förenklingar av bland annat geometrin i förrådet har gjorts för att simulering i CFAST skall kunna ske. Då CFAST endast kan hantera geometrier som rätblock har takhöjden valts att sättas till åtta meter. Takhöjden är egentligen lutande med en höjd mellan 8-8,5 meter. Detta skulle leda till en något snabbare detektionstid för brandlarm och sprinkler, men å andra sidan har inga andra avdrag för volymer av lagrade varor gjorts, vilket gör det rimligt att göra detta avdrag på takhöjden för att snabbare nå kritiska nivåer för brandförloppet. Indata till körningen kan ses i tabell 6.2.

Förrådet är beläget i samma brandcell som dispenseringen. I och med att förrådet har en mycket högre takhöjd än dispenseringen har det antagits att inga brandgaser kommer att spridas till dispenseringen via otäta väggar utan endast genom de dörröppningar som finns. De branddörrar som finns mot andra delen av förrådet har antagits vara fullt funktionella, dvs. stängas automatiskt då brandlarmet startar. Nedan är en ritningsbild på vilken del som simulerats i CFAST.



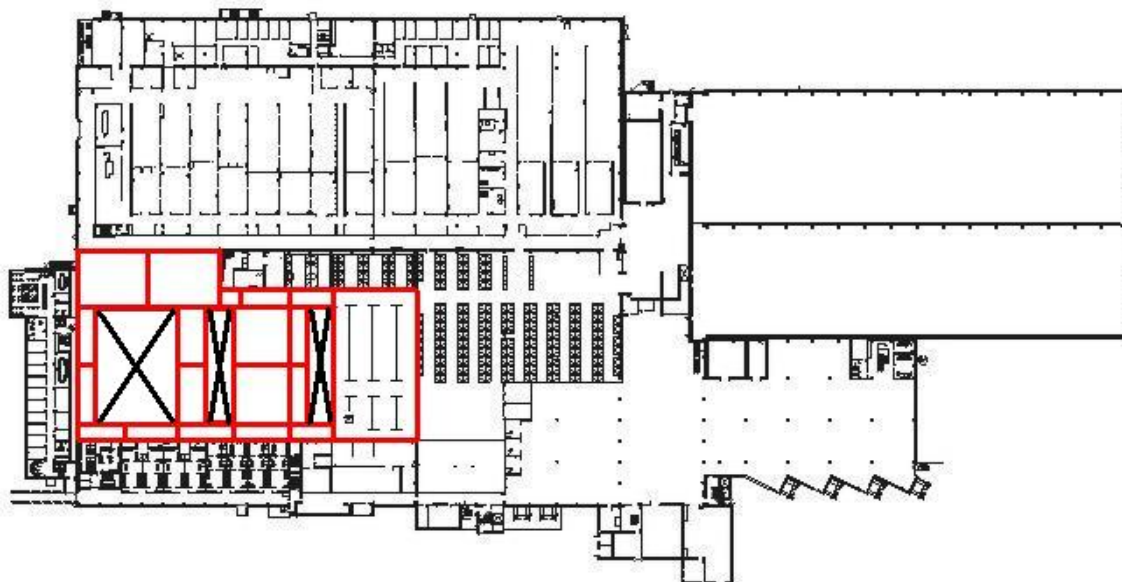
Figur 6.1. Simulerad del av förrådet.

Tabell 6.2. Indata till simuleringar i CFAST.

Längd (m)	34
Bredd (m)	19
Höjd (m)	8
Simulerad tid (s)	600
Material väggar	Betong
Material tak	Betong
Material golv	Betong
Dörrar mot dispensering	Öppna under hela brandförloppet
Dörrar mot andra förrådet	Stängs när brandlarm aktiveras

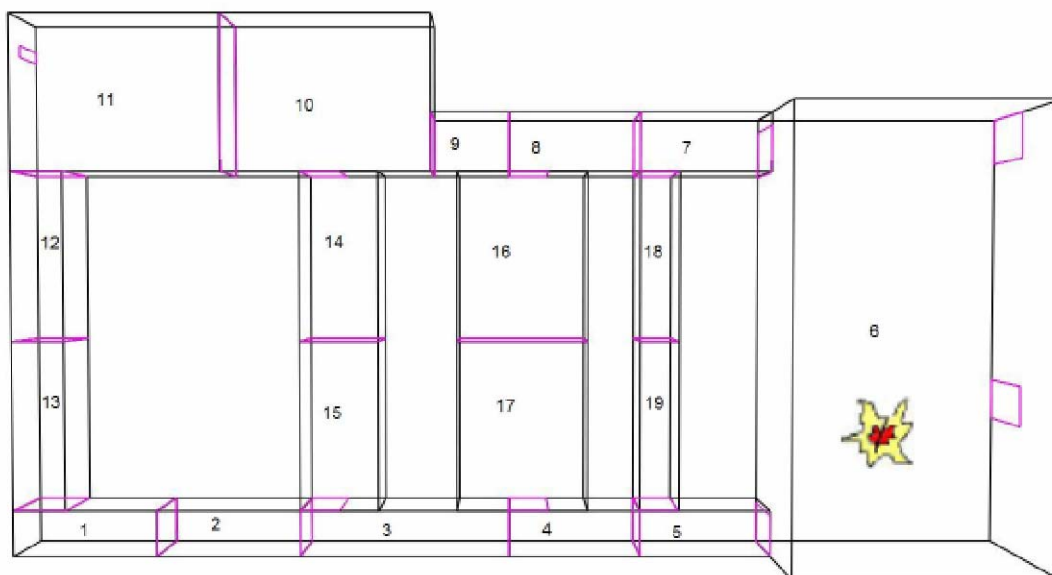
6.2.2 Känslighetsanalys av geometriförenkling i CFAST

För att kontrollera hur förenklingen av geometrin påverkar simuleringsresultaten har valts att också simulera Brand i förråd med hela utanförhållande dispenseringen. För att geometriförhållandena skall stämma med giltighetskriterierna för tvåzonsmodellen har geometrin i detta fall delats upp i 19 olika zoner. Zonindelningen kan ses i figur 6.2 och figur 6.3.



Figur 6.2. Uppdelning av dispensering i olika zoner.

LEV NW 4.0.7 - Mar 12 2008



Figur 6.3. Förenkling av geometri med indelning i 19 olika zoner. Brandens placering är markerad i zon 6.

Dörr mot utrymningstrappa på utsidan av byggnaden i zon 11 har antagits vara öppen under hela brandförloppet. Dörrar mot andra delen av förrådet i zon 6 har antagits stänga efter 80

sekunder då brandlarmet aktiverats. Takhöjden i samtliga zoner är 3,5 meter, utom zon 6 där takhöjden är åtta meter. För att få en liten fördröjning av brandgasspridningen mellan de olika zonerna har öppningshöjderna mellan zonerna satts till 3,4 meter. Detta har gjorts för att tvåzonsmodellen inte räknar med några transporttider för brandgaserna.

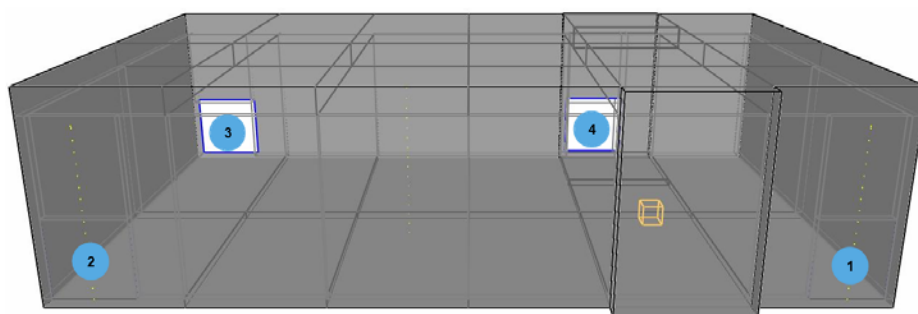
Eftersom resultaten från CFAST blir sämre ju längre från brandrummet man kommer har endast brandrummet och de närmsta rummen analyserats, dvs. zon 6, 5 och 7.

6.2.3 Indata/förenklingar till simuleringen i FDS

I FDS kommer endast den dimensionerande branden med Ultrafast brandtillväxt att simuleras. Detta utförs för att kunna avgöra giltigheten för CFAST-simuleringarna. Simuleringen i FDS använder i stora drag samma indata som simuleringen i CFAST, dock används den geometri som används i den ursprungliga CFAST-simuleringen. Alltså byggs det inte på utrymmen i anslutning till förrådet. Den geometri som används kan ses i figur 6.4. Indatafil till FDS-simuleringen kan ses i bilaga L.

Utdata erhålls delvis genom att termoelement placerats på olika platser. Termoelementen har placerats i staplar på olika mätplatser i utrymmet.

Totalt har utrymmet delats upp i 13 olika delar för att fördela beräkningsbördan och därmed korta ner simuleringstiden. Effektutvecklingen är även den densamma, det som skiljer är att man här sätter en viss area på själva branden. Branden är placerad på ungefär samma ställe som i CFAST. En verklig brand i stället hade spridit sig vertikalt vilket inte har tagits med i simuleringen. Här befinner sig branden konstant en meter över golvet. Mätplatserna har placerats mitt i rummet samt i öppningarna för att kunna jämföra med resultaten från CFAST. Öppningarna är här något högre (3,6 m) på grund av öppningen skall bli jämt delbar med gridstorleken. Öppning 3 och 4 mot andra delen av förrådet stängs då brandlarmet aktiveras efter 80 sekunder (se figur 6.4).



Figur 6.4. Geometri i FDS sedd från dispenseringen.

6.2.4 Resultat från simulering i CFAST

Nedan presenteras en tabell över tiderna till dess att de kritiska variablerna inträffat i simuleringarna i CFAST. Som känslighetsanalys till den dimensionerande branden har valts att simulera brandförloppet då sprinkler inte aktiveras, antingen på grund av att sprinkleranläggningen är avstängd eller att sprinkleraktivering blir kraftigt fördröjd på grund av takbalkar och lutande tak. En ytterligare känslighetsanalys har gjorts med en Fast brandtillväxt för att se hur effektutvecklingen påverkar brandförloppet. Effektkurvor för känslighetsanalyserna kan ses i bilaga G.

Tabell 6.3. Tider till kritiska förhållanden för de olika simuleringarna. Beräkningar för kolmonoxidhalten och sikt kan ses i bilaga H och bilaga I.

Kritisk variabel	Ultrafast med sprinkler	Ultrafast utan sprinkler	Fast med sprinkler	Fast utan sprinkler
Brandlarm	77 s	77 s	117 s	117 s
Sprinkler	145 s	Inträffar ej	233 s	233 s
Brandgaslagrets höjd 3,5m	170 s	167 s	233 s	233 s
Brandgaslagret når kritisk höjd 2,4m	238 s	204s	352s	303 s
Koncentration CO i brandgaslagret vid kritisk höjd	64 ppm	61 ppm	57 ppm	50 ppm
Temperatur i brandgaslagret vid kritisk höjd	113°C	118°C	92°C	91°C
Kritisk temperatur under brandgaslagret	Inträffar ej	423 s	Inträffar ej	Inträffar ej
Strålning 2,5 kW/m ²	Inträffar ej	304 s	Inträffar ej	526 s
Strålning 10kW/m ²	Inträffar ej	396 s	Inträffar ej	Inträffar ej
Sikt i brandgaslagret vid kritisk höjd	1,57 m	1,65 m	1,77 m	2,04 m

Kommentarer till fallen med Ultrafast brandtillväxt

Brandgaslagret sjunker till 3,5 meter efter 170 sekunder. Efter 170 sekunder sker alltså spridning av brandgaser till dispenseringen, cirka en och en halv minut efter det att brandlarmet aktiverats. När 238 sekunder har gått har brandgaslagret sjunkit till 2,4 meter. Eftersom temperaturen i brandgaslagret nu överstiger 80°C är utrymning från, eller genom förrådet inte längre möjlig. Det är alltså brandgasernas temperatur och sikt i kombination med brandgaslagrets höjd som blir dimensionerande för när kritiska förhållanden uppstår. I fallet då sprinkler inte aktiveras skiljer det bara tre sekunder till att brandgaser sprids in till dispenseringen i jämförelse med fallet då sprinkler aktiveras, dvs. i princip ingen skillnad. Tiden till kritiska förhållanden blir cirka 30 sekunder kortare i fallet då sprinkler inte aktiveras än när aktivering sker.

Kommentarer till känslighetsanalyser med Fast brandtillväxt

I de simuleringar där tillväxten har varit Fast tar det betydligt längre tid till att kritiska förhållanden uppstår. Av resultaten kan man se att tillväxten har en avgörande betydelse för både aktiveringstider för både brandlarm och sprinkler samt tiden till dess att kritiska förhållanden uppstår. I fallen då sprinkler aktiveras skiljer nästan två minuter mellan tiderna till kritiska förhållanden. När sprinkler inte aktiveras skiljer det mer än en och en halv minut till kritiska förhållanden mellan de båda tillväxthastigheterna.

Inverkan från brandgasventilering

De brandgasluckor som finns installerade i taket utlöser via smältbleck med aktiveringstemperatur på 150°C. I fallet med Ultrafast tillväxt där sprinklerna aktiveras kommer det att dröja lång tid innan luckorna öppnas. Temperaturen i brandgaserna kommer upp i 150°C först efter 386 sekunder. Sedan skall det läggas till en viss tid för den termiska trögheten. Vilket tyder på att ventilatorerna förmodligen inte kommer att öppna förrän alla har hunnit utrymma.

Flera utredningar och försök har gjorts som visar att det inte alls är säkert att brandgasventilatorer som aktiveras med smältbleck kommer att aktiveras i de fall som sprinkler har aktiverats. Sprinklerna kyler både brandgaserna och smältblecket så pass mycket att aktivering kommer att fördröjas avsevärt om den alls kommer att äga rum (Ingason, 2001; ScandiaTips nr 1, 1987; ScandiaTips nr 2, 1987).

Vid simulering av aktiveringstider för smältblecken i Detact $-t^2$ erhålls aktiveringstider på 4-8 minuter för Ultrafast brandtillväxt då sprinkler ej aktiveras. Med Fast brandtillväxt blir aktiveringstiden mellan 10-13 minuter (se bilaga D). Utifrån ovanstående resultat dras slutsatsen att den sena aktiveringen av rökluckorna leder till att dessa inte har någon påverkan på personsäkerheten. Däremot kan de ha stor betydelse när räddningstjänsten skall göra en insats, vilket också har visat sig i verkliga försök (ScandiaTips nr 2, 1987).

6.2.5 Resultat från känslighetsanalys med ändrad geometri.

De resultat som är intressanta från de här simuleringarna är resultaten från brandrummet, dvs. zon 5, 6 och 7 som ligger närmast brandrummet i dispenseringen. I tabell 6.4 kan resultaten från simuleringarna ses. Siktberäkningar har inte utförts eftersom det blir alltför svårt att avgöra hur mycket brandgaser som finns i varje zon vid kritisk höjd för de olika zonerna. Detsamma gäller beräkningar för kolmonoxid.

Tabell 6.4. Resultat från simuleringar med ändrad geometri.

Kritisk variabel	Ultrafast med sprinkler	Ultrafast utan sprinkler	Fast med sprinkler	Fast utan sprinkler
Brandlarm aktiveras	77 s	77 s	117 s	117 s
Sprinkler aktiveras	145 s	Inträffar ej	233 s	233 s
Brandgaslagrets höjd 3,5m (tid) Zon 6	198 s	187 s	276 s	270 s
Brandgaslagret når kritisk höjd 2,4m Zon 6	289 s	223 s	454 s	338 s
Brandgaslagret når kritisk höjd 1,95m Zon 5 och 7	Inträffar ej	Zon 5: 264 s Zon 7: 264 s	Inträffar ej	Zon 5: 415 s Zon 7: 416 s
Temperatur i brandgaslagret vid kritisk höjd Zon 5, 6, 7	Zon 6: 144 (°C) Zon 5 och 7 når aldrig kritisk höjd	Zon 5: 164°C Zon 6: 156°C Zon 7: 163°C	Zon 6: 121°C Zon 5 och 7 når aldrig kritisk höjd	Zon 5: 132°C Zon 6: 123°C Zon 7: 133°C
Kritisk temperatur under brandgaslagret	Inträffar ej i någon av zonerna	Inträffar ej i någon av zonerna	Inträffar ej i någon av zonerna	Inträffar ej i någon av zonerna
Strålning 2,5 kW/m²	Inträffar ej i någon av zonerna	Zon 5: 356 s Zon 6: 266 s Zon 7: 351 s	Inträffar ej i någon av zonerna	Zon 6: 463 s Inträffar ej i Zon 5 och 7
Strålning 10kW/m²	Inträffar ej i någon av zonerna	Zon 6: 347 s	Inträffar ej i någon av zonerna	Inträffar ej i någon av zonerna

Kommentarer till resultaten

Tiden till att brandgaserna når 3,5 meters höjd är cirka en halv minut längre i samtliga simuleringar jämfört med den första geometriförenklingen. Resultaten visar också att tiden till brandgaserna sjunkit till kritisk höjd blir cirka en minut längre i samtliga simuleringar jämfört med den första geometriförenklingen.

6.2.6 Siktberäkningar för väl omblandat fall

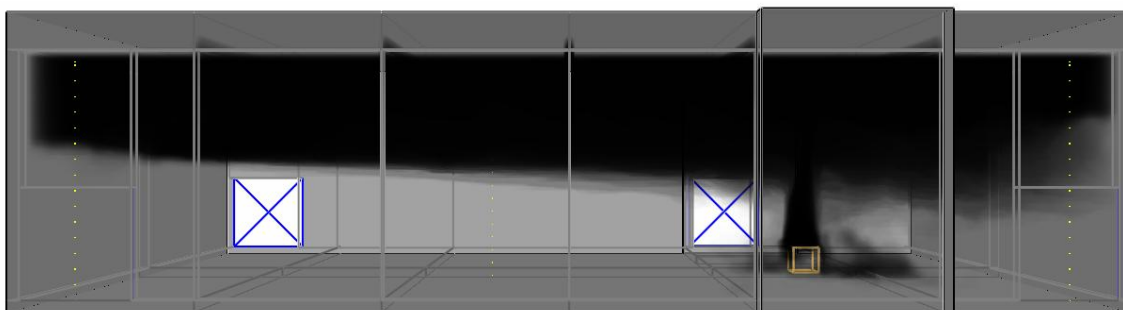
Från det att sprinkler aktiveras finns en möjlighet att brandgaserna i rummet blir väl omblandade och på så sätt försämrar sikten i rummet. Sikten får i brandrummet inte understiga fem meter. Utifrån detta kriterium har tiden till att sikten är fem meter räknats ut (se bilaga J). Resultaten från siktberäkningarna visar att sikten understiger fem meter efter 160 sekunder (drygt 2,5 minuter) i fallet med ultrafast brandtillväxt. I fallet med fast brandtillväxt är sikten mindre än fem meter efter 255 sekunder (drygt fyra minuter).

6.2.7 Brandgasspridning via ventilationssystem

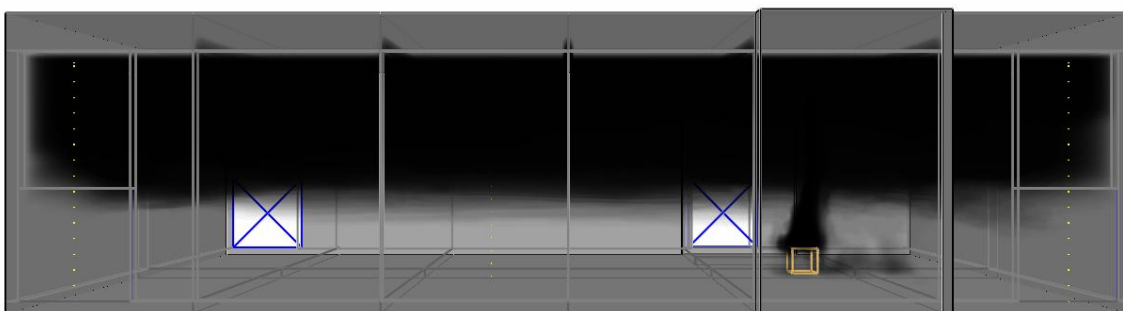
Eftersom förråd och dispensering ligger i samma brandcell och förses med ventilation från samma tilluftsaggregat finns det möjlighet att brandgaser kan spridas från förrådet till dispenseringen via ventilationssystemet. Beräkningar för brandgasspridning har utförts i bilaga K som visar att brandgasspridning kan ske från ungefär tre minuter i fallet med Ultrafast brandtillväxt och från cirka fem och en halv minut i fallet med Fast brandtillväxt, under förutsättning att sprinkler inte aktiverats.

6.2.8 Resultat från simulering i FDS

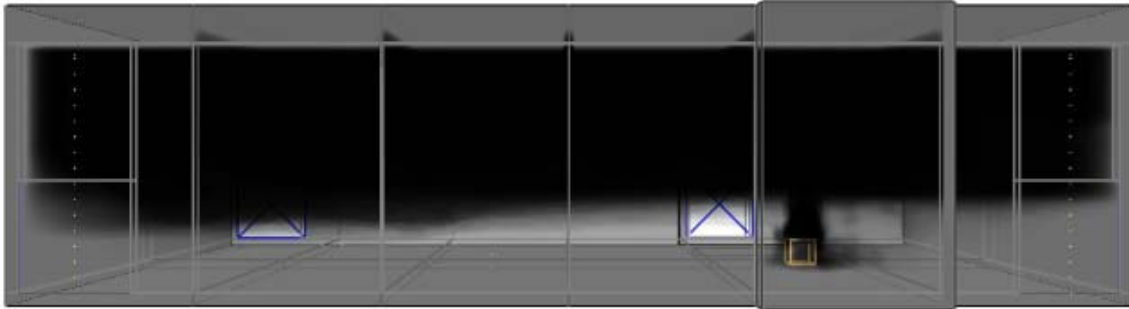
Urvalet av de resultat från FDS som visas baseras på de skillnader som framkommit i CFAST simuleringen och känslighetsanalysen av denna. Resultaten från FDS visar att det sker en tvåzonsskiktning, även om brandgaslagrets tjocklek varierar något på olika platser i förrådet. Det som framförallt efterfrågas är den tid till då brandgaserna når övre delarna av öppningarna mot dispenseringen och sedan börja strömma in där. Även kritisk höjd (2,4 meter) är intressant för att bedöma skillnader mot simuleringarna i CFAST. Figur 6.5-6.8 nedan visar tiderna brandgaslagrets höjd vid tiderna som de två olika CFAST-simuleringarna visat att brandgaslagret nått dörröppningarna samt kritisk höjd.



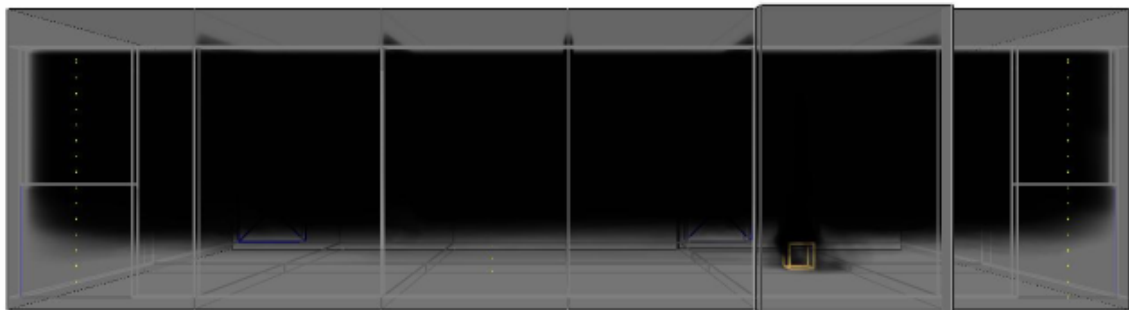
Figur 6.5. Brandgaslagrets höjd efter 170 sekunder. Tiden då brandgaslagret når dörröppningen i första CFAST-simuleringen



Figur 6.6. Brandgaslagrets höjd efter 200 sekunder. Tiden då brandgaslagret når dörröppningarna i känslighetsanalysen med ändrad geometri i CFAST.

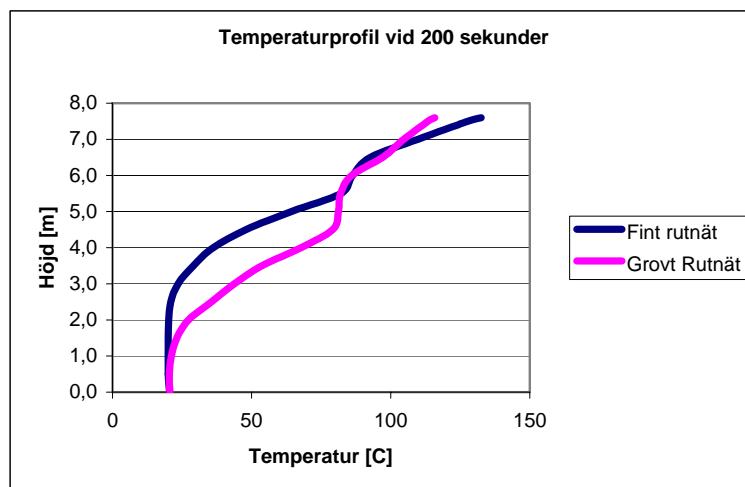


Figur 6.7. Brandgaslagrets höjd efter 240 sekunder. Tiden då brandgaslagret når kritisk höjd i CFAST-simuleringen.



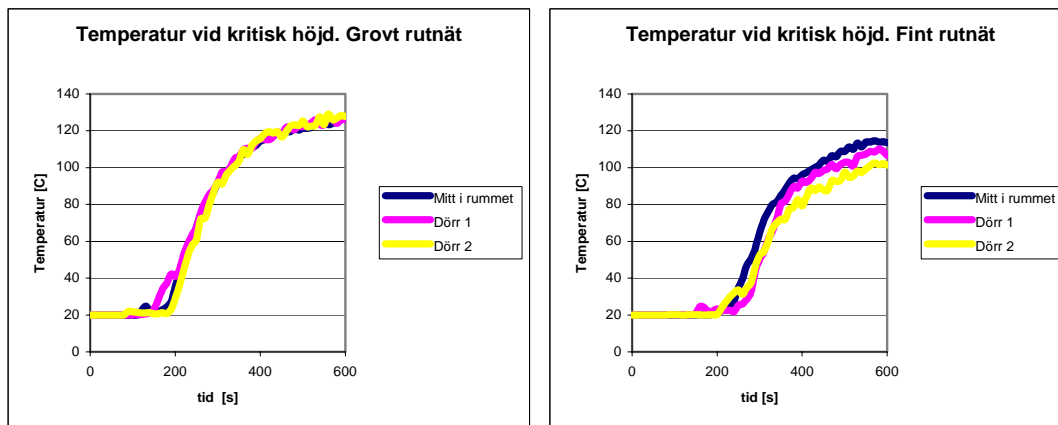
Figur 6.8. Brandgaslagrets höjd efter 290 sekunder. Tiden då brandgaslagret når kritisk höjd i känslighetsanalysen med ändrad geometri i CFAST.

I figur 6.9 kan en temperaturprofil för mitten på rummet ses. Profilen är tagen vid 200 sekunder. I simuleringen med fint rutnät blir det en tydligare tvåzonsskiktning än i simuleringen med grovt rutnät. Det beror på att det grövre rutnätet är räknat på ett genomsnitt över en större volym. Högre upp i rummet är de båda temperaturprofilerna väldigt lika varandra.



Figur 6.9. Temperaturprofil mitt i rummet vid 200 sekunder.

I figur 6.10 kan man se temperaturerna vid kritisk höjd för de båda simuleringarna i FDS. I simuleringen med fint rutnät tar det längre tid att nå kritiska förhållanden än i simuleringen med grövre rutnät.



Figur 6.10. Temperatur vid kritisk höjd (2,4 m) för de två simuleringarna i FDS.

6.2.9 Jämförelse mellan resultat från CFAST och FDS

Resultaten i CFAST har visat sig vara väldigt beroende av effektutvecklingen i de olika känslighetsanalyserna. Tiden till kritiska nivåer blir cirka en och en halv minut längre om effektkurvan är fast istället för ultrafast.

Även sprinkleraktiveringen har stor betydelse för hur snabbt kritiska nivåer uppnås. Tiden till kritiska nivåer kan bli mellan en halv och två minuter kortare beroende på vilken effektkurva som använts.

Vid ändring av geometriska förutsättningar utanför brandrummet har resultaten också varierat en del mellan CFAST-simuleringarna. Tiden till kritiska nivåer blir cirka en minut längre då geometrin utanför brandrummet tas med i simuleringarna.

Resultaten från FDS styrker att det tar längre tid att nå kritiska nivåer än vad den första CFAST geometrin visar. FDS resultaten visar att brandgaslagret sjunker till dörröppningen på ungefär samma tid som CFAST simuleringen med rum utanför brandrummet, dvs. cirka 200 sekunder. Resultaten pekar alltså mot att det är CFAST-simuleringen med rum utanför brandrummet som mest liknar resultaten från FDS.

Temperaturdiagrammen från FDS visar att det blir en tvåzonsskiktning i brandrummet. Detta visar på att resultaten från tvåzonsmodellen ger relativt bra resultat. Att temperaturerna blir lägre i FDS än i CFAST beror på att CFAST ger en temperatur för hela brandgaslagret till skillnad från FDS där temperaturen varierar med höjden.

Resultaten i FDS verkar inte vara fullständigt gridoberoende, men de ligger ändå relativt nära varandra. Dessutom ligger de inom samma intervall som CFAST simuleringarna vad gäller brandgaslagrets höjd. FDS simuleringarna styrker dessutom CFAST simuleringarna i och med att de visar på att en tvåzonsskiktning bildas. Syftet med FDS simuleringarna var att styrka CFAST-simuleringarnas giltighet, vilket får anses att de gjort i och med ovanstående resonemang. Eftersom FDS-resultaten stämmer bäst överrens med resultaten från CFAST-simuleringen med rum utanför brandrummet så kommer dessa resultat att väga tyngre vid en jämförelse med utrymningstider.

6.2.10 Diskussion

I nästan samtliga simuleringar är det brandgaslagrets höjd i kombination med temperatur och/eller sikt som först når kritiska nivåer.

Simuleringarna visar också på vilken tidsskillnad det blir till kritiska förhållanden till följd av att sprinkler aktiveras.

De siktberäkningar som gjorts för väl omblandat fall visar på mycket snabba tider till kritisk sikt från det att sprinkler aktiveras. Eftersom rummet är väldigt stort är det tveksamt om sprinkleraktivering verkligen kan medföra ett väl omblandat brandgaslager i hela rummet. Det är möjligt att brandgaserna stiger igen efter att ha virvlat runt i närheten av sprinklern. Att det skulle bli ett väl omblandat skikt i hela rummet känns därför inte helt rimligt i en så pass stor geometri som förrådet har.

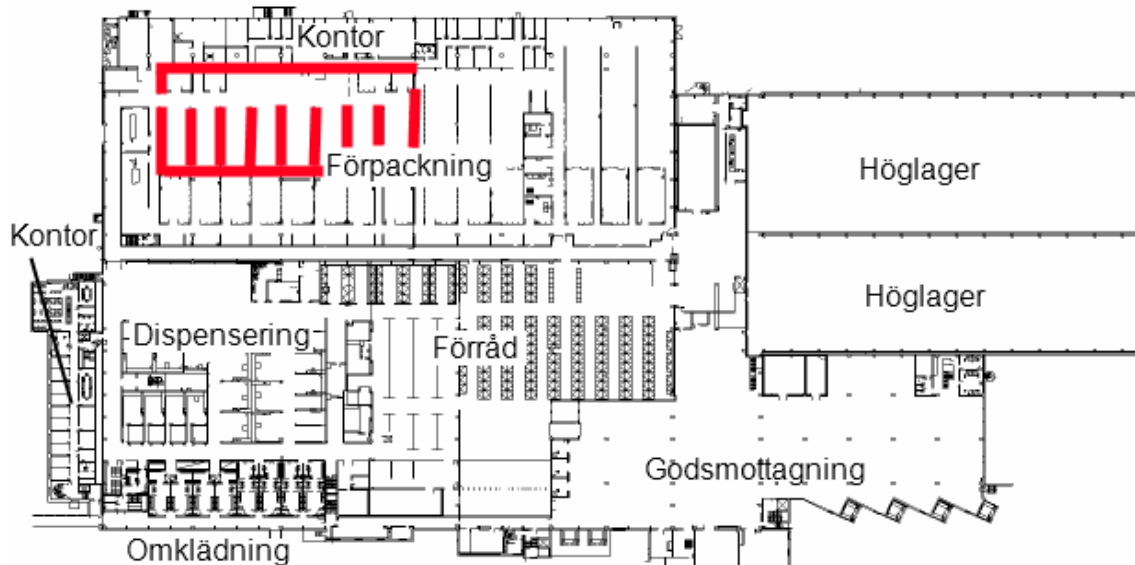
Strålning från branden har inte utretts vidare eftersom personer som är i direkt närhet av branden borde känna av strålningen och lämna rummet innan strålningen har uppnått farliga nivåer.

6.3 Brand i förpackning 1

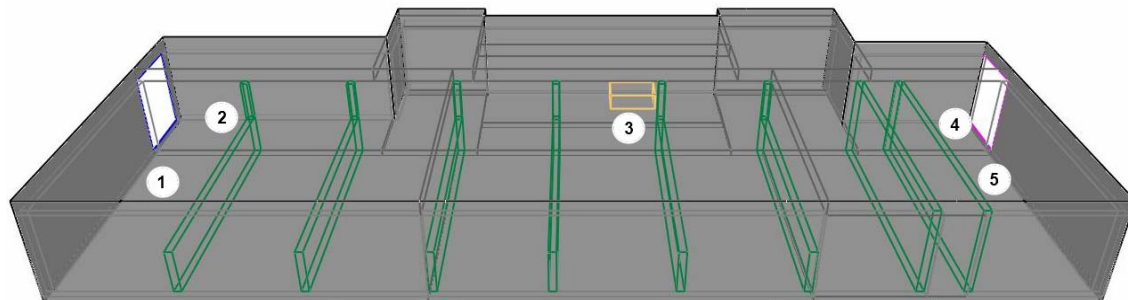
Förpackningsdelen har delats upp i två olika scenarier, ett för varje brandcell. Detta för att se hur varje del kan tänkas påverkas av en brand i utrymmet, en brand i den ena brandcellen antas inte samtidigt påverka den andra. Brandförloppen studeras i tio minuter, då det antas att en utrymning avklarats inom denna tidsram. Vad som händer efter denna tid studeras inte vidare. Utrymmets placering på plan 2 kan ses i figur 6.11.

6.3.1 Indata/förenklingar för Brand i förpackning 1

Vid simulering har förpackning 1 delats upp i nio delar för att minska beräkningsbördan på varje processor och därmed korta ner simuleringstiden. Den inmatade geometrin kan ses i figur 6.12 nedan, i denna figur finns siffror utmärkta. Dessa markerar var mätplatser har placerats för att mäta temperatur. Termoelementen mäter från golv till tak med tio centimeter mellan varje element, alltså totalt 48 stycken per mätplats. Branden är placerad nära mätplats 3 som kan ses i figur 6.12. Indatafil till FDS-simuleringen kan ses i bilaga M.



Figur 6.11. Simulerad del av förpackning 1.



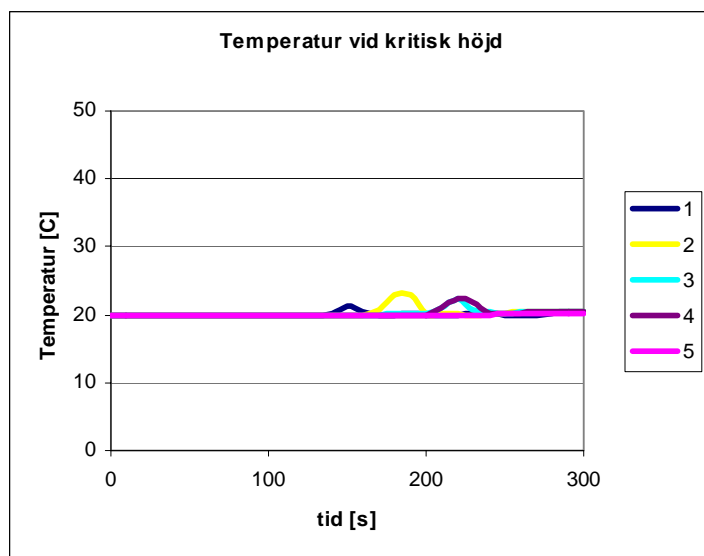
Figur 6.12. Inmatad geometri i FDS. Siffror markerar var mätplatser är placerade.

6.3.2 Resultat Brand i förpackning 1

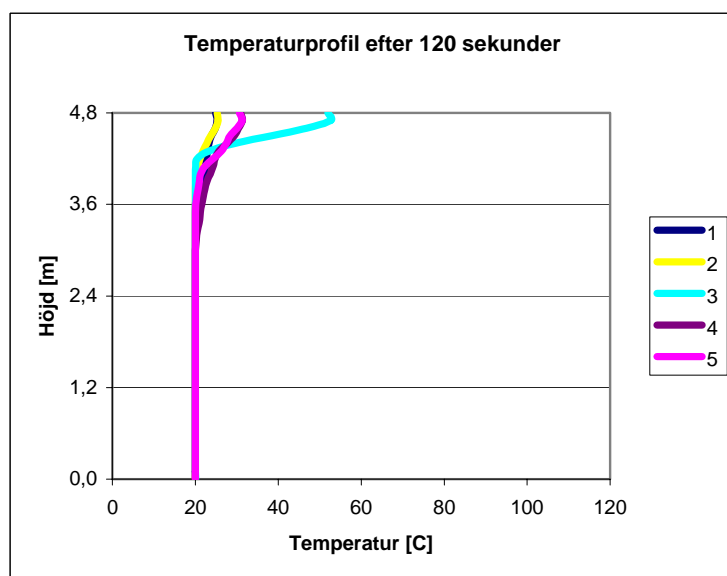
Vid brandförloppet inträffar inte kritiska förhållanden vid den kritiska höjden vilken är ca 2,1 m ($1,6+0,1*4,8$). Resultaten visar att det blir en tydlig tvåzonsskiktning i hela utrymmet.

Resultaten har valts att redovisas fram till tiden fem minuter (300 sekunder). Figureorna 6.13-6.16 visar temperatur som funktion av tiden vid kritisk höjd, samt temperaturprofiler vid olika tidpunkter.

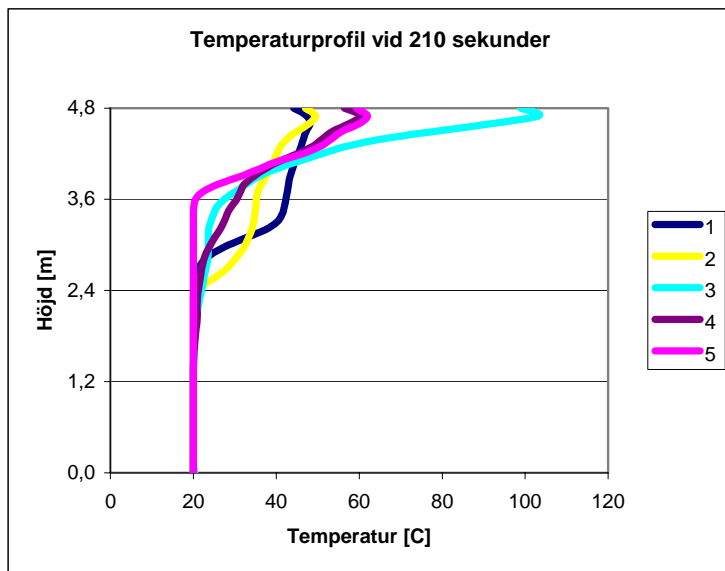
Diagram som visar hur resultaten varierar med olika storlek på rutnäten kan ses i bilaga N.



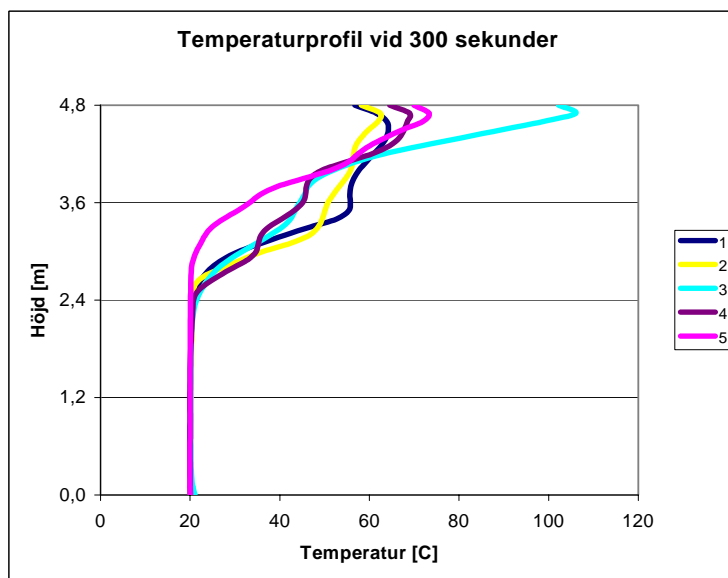
Figur 6.13. Temperatur vid kritisk höjd vid de olika mätplatserna 1-5. Mätplatsernas placering kan ses i figur 6.12.



Figur 6.14. Temperaturprofiler vid de olika mätplatserna 1-5 efter 120 sekunder. Mätplatsernas placering kan ses i figur 6.12.



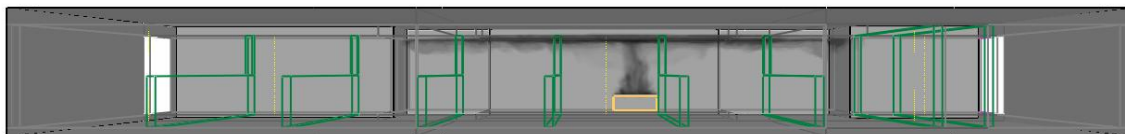
Figur 6.15. Temperaturprofiler vid de olika mätplatserna 1-5 efter 210 sekunder. Mätplatsernas placering kan ses i figur 6.12.



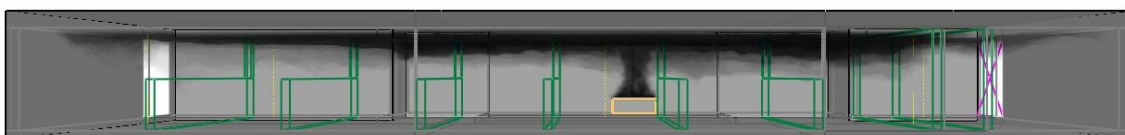
Figur 6.16. Temperaturprofiler vid de olika mätplatserna 1-5 efter 300 sekunder. Mätplatsernas placering kan ses i figur 6.12.

Övriga kriterier för kritiska förhållanden har även de kontrollerats. Resultaten visar att de inte påverkar utrymningsmöjligheterna. Brandgaslagret, vilket visas i figur 6.17 till 6.21 nedan, befinner sig på en sådan höjd att kritiska förhållanden inte kommer att uppnås under simuleringstiden. Det verkar som att brandgaslagret håller sig ganska konstant på cirka 2,5 meters höjd efter 3- 4 minuters simulering. Av bilderna kan man se att en tydlig tvåzonsskiktning bildas. I jämförelsesyfte bör det nämnas att skiljeväggarna i förpackningsdelen är 2,5 meter höga och att brandgaslagret befinner sig ungefär i höjd med dessa.

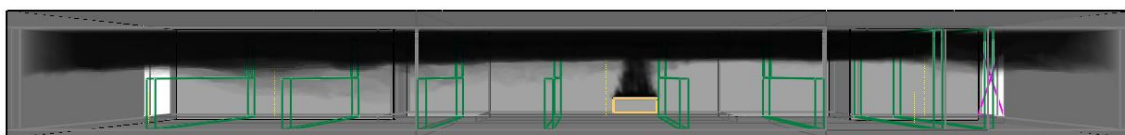
De relativt låga temperaturerna gör att strålningen mot golv, väggar och tak inte heller kommer över de gränsvärden som nämnts ovan.



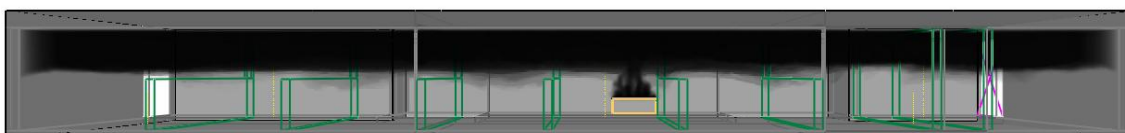
Figur 6.17. Brandgaslagrets höjd i Förpackning 1 efter 60 sekunder.



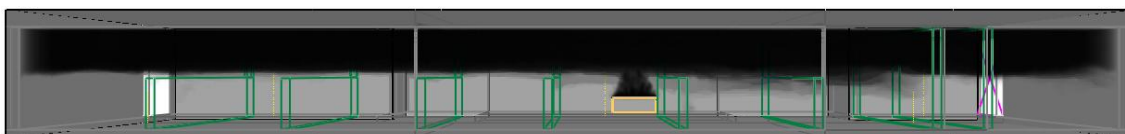
Figur 6.18. Brandgaslagrets höjd i Förpackning 1 efter 120 sekunder.



Figur 6.19. Brandgaslagrets höjd i Förpackning 1 efter 180 sekunder.



Figur 6.20. Brandgaslagrets höjd i Förpackning 1 efter 240 sekunder.



Figur 6.21. Brandgaslagrets höjd i Förpackning 1 efter 300 sekunder.

6.3.3 Siktberäkningar för väl omblandat fall

Från det att sprinkler aktiveras finns en möjlighet att brandgaserna blir väl omblandade och försämrar sikten i rummet. Sikten får i brandrummet inte understiga fem meter. Utifrån detta kriterium har tiden till att sikten är fem meter räknats ut (se bilaga J). Resultaten från siktberäkningarna visar att sikten understiger fem meter efter 330 sekunder (5,5 minuter) i fallet med fast brandtillväxt. Om brandtillväxten skulle vara medium istället är sikten mindre än fem meter efter 503 sekunder (cirka 8,5 minuter).

6.3.4 Diskussion

Simuleringarna visar att kritiska förhållanden inte inträffar i förpackning 1 under simuleringstiden. Eftersom simuleringarna visar att det bildas en tvåzonsskiktning över hela utrymmet leder detta till att kritiska förhållanden inte kommer att inträffa under simuleringstiden eftersom brandgaserna stannar på cirka 2,5 meters höjd.

Resultaten visar att brandgaserna sprider sig över hela förpackningen. Detta skulle kunna ha betydelse för hur långt ett produktionsstopp blir efter en brand. I och med att inga skyddsmål för maskiner eller andra materiella tillgångar har erhållits är det svårt att exakt säga hur

omfattande skadorna kommer att bli. Men eftersom det finns särskilda renhetskrav kommer det förmodligen att bli en omfattande sanering av lokalerna innan produktion kan återupptas.

Hur resultaten varierar beroende på hur fint rutnätet är i FDS-simuleringarna kan ses i bilaga N. Mellan de två finare rutnäten varierar resultaten väldigt lite. Skillnaden mellan dessa två och det grövsta rutnätet är inte stor, men kan ändå sägas avvika lite från de andra resultaten. Resultaten från simuleringarna med de två finare rutnäten varierar så lite att resultaten anses vara oberoende av storleken på rutnätet.

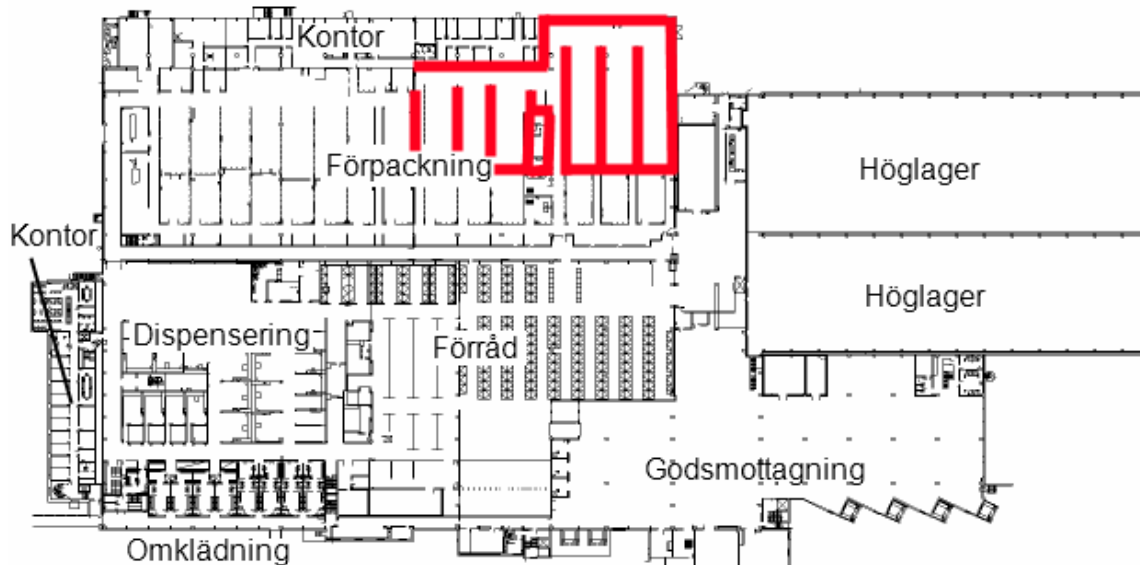
De siktberäkningar som utförts för ett fall då brandgaserna blir väl omblandade när sprinkler aktiveras visar att sikten understiger fem meter efter cirka fem och en halv minut. Här är det också väldigt osäkert om brandgaserna verkligen kommer att blandas om i hela förpackningsdelen. Eftersom det är stor volym på utrymmet är det möjligt att brandgaserna kommer att stiga igen efter att ha blandats om av sprinklern. Det finns också en möjlighet att sprinklern släcker branden och förhindrar bildandet av nya brandgaser.

6.4 Brand i förpackning 2

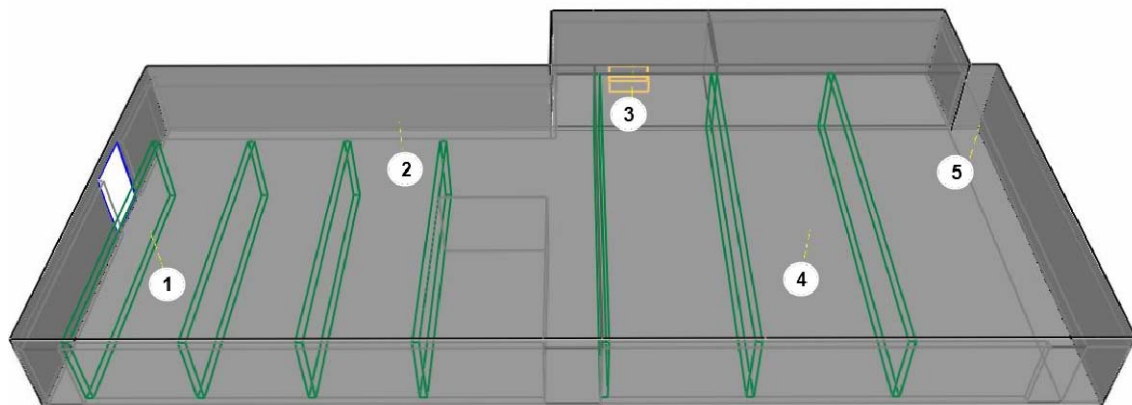
Eftersom detta scenario har samma problem att klara kriterierna för tvåzonsmodellen som Brand i förpackning 1, har även detta brandförlopp valts att simuleras i FDS. Utrymmets placering på plan 2 kan ses i figur 6.22.

6.4.1 Indata/förenklingar för Brand i förpackning 2

Som beskrivet ovan har liknande förenklingar gjorts för denna förpackningsdel. Vid simuleringen har förpackning 2 delats upp i fyra delar för att minska beräkningsbördan på varje processor och därmed korta ner simuleringstiden. Den inmatade geometrin kan ses i figur 6.23 nedan, i denna figur finns siffror utmärkta. Dessa markerar var termoelementen har placerats för att mäta temperatur. Termoelementen mäter från golv till tak med tio centimeter mellan varje element, alltså totalt 48 stycken per mätplats. Branden är placerad nära mätplats 3. Indatafil till FDS-simuleringen kan ses i bilaga O.



Figur 6.22. Simulerad del av förpackning 2



Figur 6.23. Inmatad geometri i FDS. Siffror markerar var mätplatser är placerade.

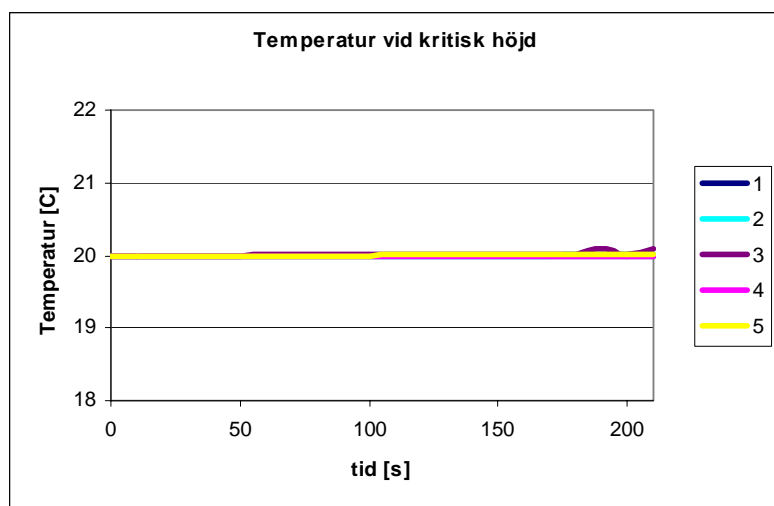
6.4.2 Resultat Brand i förpackning 2

Vid brandförloppet inträffar inte kritiska förhållanden vid den kritiska höjden vilken är ca 2,1 m ($1,6+0,1*4,8$). Resultaten visar att det blir en tydlig tvåzonsskiktning i hela utrymmet.

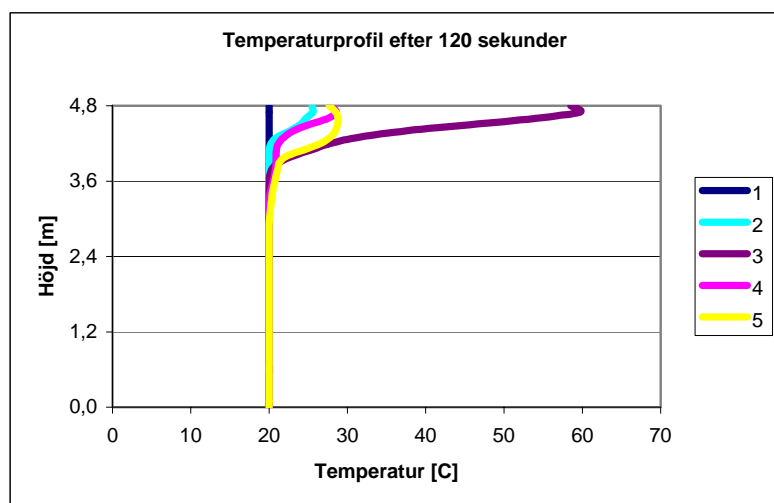
Resultaten som presenteras är hämtade från simuleringen med det finaste rutnätet. Eftersom den simuleringen var så tidskrävande beslutades att avbryta den efter 220 sekunder.

Resultaten vid den tiden bör räcka för att göra jämförelser med utrymningstiderna i kapitel 7. Figureorna 6.23 till 6.26 nedan visar temperaturen, dels vid kritisk höjd (2,1 m) och dels som temperaturprofiler vid 120, 180 och 210 sekunder. Temperaturerna är över lag väldigt låga och når inte över 80°C vid kritisk höjd vid 210 sekunder.

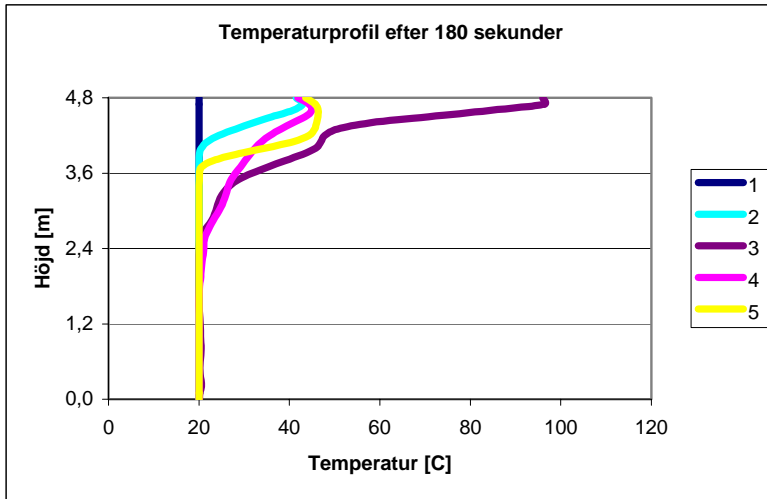
Diagram som visar hur resultaten varierar med olika storlek på rutnäten kan ses i bilaga P.



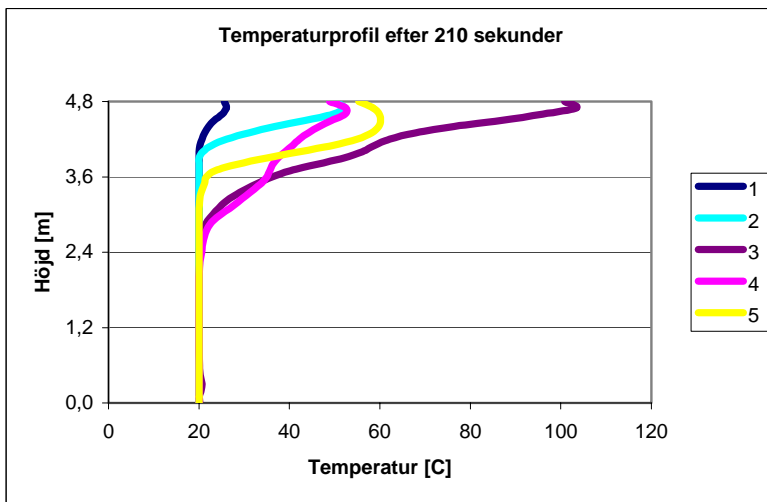
Figur 6.23. Temperatur vid kritisk höjd vid de olika mätplatserna 1-5.



Figur 6.24. Temperaturprofiler vid de olika mätplatserna 1-5 efter 120 sekunder.



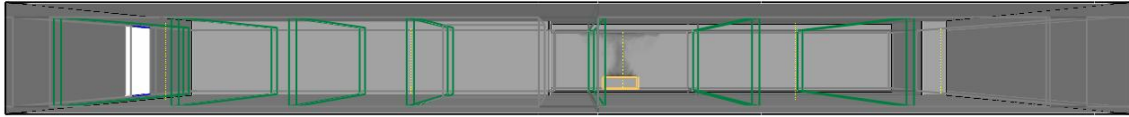
Figur 6.25. Temperaturprofiler vid de olika mätplatserna 1-5 efter 180 sekunder.



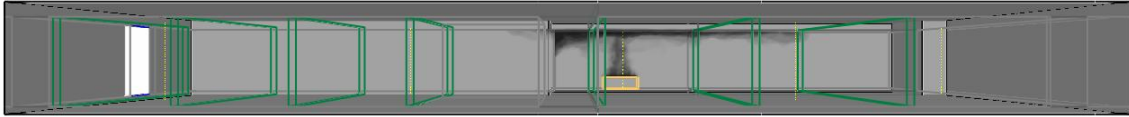
Figur 6.26. Temperaturprofiler vid de olika mätplatserna 1-5 efter 210 sekunder.

Även andra parametrar än temperatur och sikt har granskats. Resultaten tyder på att ingen av dessa parametrar når kritiska förhållanden innan sikten har blivit kritisk. Det är dock möjligt att strålning från branden kan vara stark och det kan bli problem att förflytta sig i närheten av branden. Det finns dock gott om alternativa utrymningsvägar, så man behöver inte springa förbi själva branden för att ta sig ut.

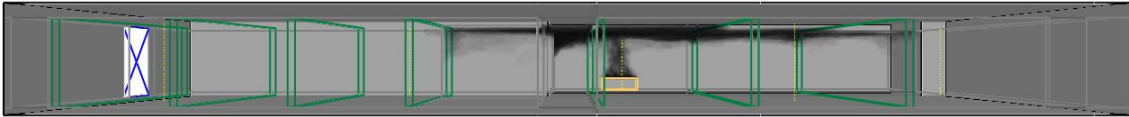
Brandgaserna får inte samma jämna tvåzonsskiktning i hela rummet som i brand i förpackning 1. Resultaten visar visserligen att brandgaserna får en tvåzonsskiktning, men den blir olika tjock i olika delar av förpackning 2. Figur 6.27-6.33 visar brandgaserna vid olika tidpunkter i simuleringen. Bilderna är tagna från simuleringen med det finaste rutnätet. Brandgaserna når en relativt låg höjd efter cirka 5-6 minuter i delarna av lokalen som ligger nära branden. Detta har konstaterats efter att ha granskat resultat ifrån simuleringen med det näst finaste rutnätet.



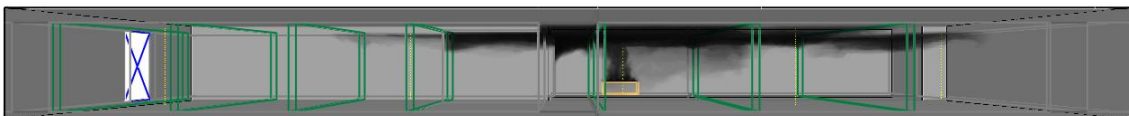
Figur 6.27. Brandgaslagrets höjd i Förpackning 2 efter 30 sekunder.



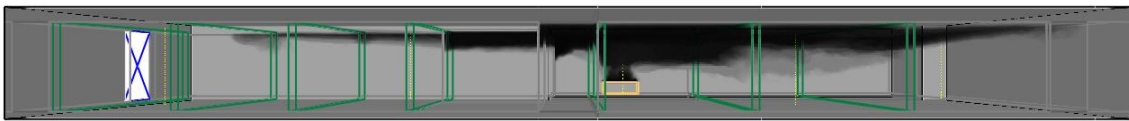
Figur 6.28. Brandgaslagrets höjd i Förpackning 2 efter 60 sekunder.



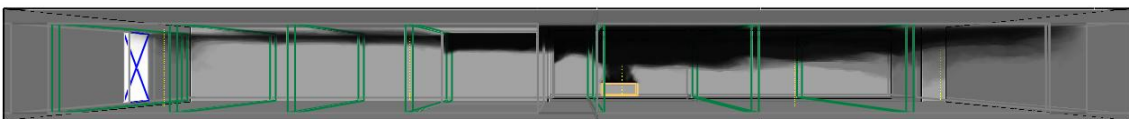
Figur 6.29. Brandgaslagrets höjd i Förpackning 2 efter 90 sekunder.



Figur 6.30. Brandgaslagrets höjd i Förpackning 2 efter 120 sekunder.



Figur 6.31. Brandgaslagrets höjd i Förpackning 2 efter 150 sekunder.



Figur 6.32. Brandgaslagrets höjd i Förpackning 2 efter 180 sekunder.



Figur 6.33. Brandgaslagrets höjd i Förpackning 2 efter 210 sekunder.

6.4.3 Siktberäkningar för väl omblandat fall

Från det att sprinkler aktiveras finns en möjlighet att brandgaserna blir väl omblandade och försämrar sikten i rummet. Sikten får i brandrummet inte understiga fem meter. Utifrån detta kriterium har tiden till att sikten är fem meter räknats ut (se bilaga J). Resultaten från siktberäkningarna visar att sikten understiger fem meter efter cirka 400 sekunder (cirka 6,5 minuter) i fallet med fast brandtillväxt. Om brandtillväxten skulle vara medium istället är sikten mindre än fem meter efter cirka 600 sekunder (cirka 10 minuter).

6.4.4 Diskussion

Av diagrammen i bilaga P kan man se att storleken på rutnätet har liten påverkan på resultaten i de två simuleringarna med finare rutnät. Resultaten från dessa simuleringar anses därmed vara oberoende av storleken på rutnätet.

Resultaten visar att det bildas en tvåzonsskiktning. Brandgaserna sjunker dock olika snabbt beroende på hur nära branden man befinner sig. Detta kan ses i figurerna 6.27-6.33. En starkt bidragande orsak till detta borde vara att skiljeväggarna når ända upp till taket till skillnad mot förpackning 1. Passagen som finns till vänster om branden gör att en mindre mängd brandgaser fyller den delen av dispenseringen. Produktionslinjerna som befinner sig rakt framför branden fylls betydligt fortare med brandgaser än produktionslinjer längre bort från branden.

7 Utrymningsberäkningar

Under det här kapitlet beskrivs de förutsättningar som gäller generellt för utrymning men även specifikt för B621.

En byggnad skall utformas så att tillfredsställande utrymning kan ske vid brand (Boverkets Byggregler BBR 5:3). Enligt Boverkets byggregler skall en utrymning kunna ske innan kritiska förhållanden uppstår vid brand. Säker utrymning anses kunna ske vid tillämpande av de rekommendationer för gångavstånd, dörrbredder, utrymningslarm, skyltning m.m. som regleras i byggreglerna och av Boverket utgivna rapporter och allmänna råd (Brandskyddshandboken). Om inte dessa rekommendationer följs måste en analytisk dimensionering av brandskyddet ske för att verifiera att säkerheten är tillfredsställande.

7.1 Gångavstånd

Det finns fastställda råd för hur långa gångavstånden till närmaste utrymningsväg bör vara (Boverket, 2006). Råden gäller vid nybyggnation men är även tillämpligt vid kontroll av befintliga byggnader. Gångavstånden skall beräknas så att sammanfallande väg till en utrymningsväg multipliceras med en faktor 2 (1,5 för bostäder, kontor, garage) (Brandskyddshandboken). De maximalt tillåtna gångavstånden som är aktuella i B621 är 45 meter eftersom personerna väntas ha god lokalkännedom samtidigt som persontätheten är relativt låg. Avståndet får utökas med en tredjedel om sprinkleranläggningen har ett RTI-värde som understiger $50\sqrt{ms}$ (Brandskyddshandboken). Enligt anläggningshandlingar för sprinkleranläggningen skall RTI-värdet vara mindre än $50\sqrt{ms}$ på många av de platser där personer vistas på plan 2 (Stig Hyllman, AstraZeneca Riskhantering & Säkerhet). Gångavstånden på plan 2 är på flera ställen 50-60 meter.

7.2 Människors beteende vid utrymning

Flera studier har gjorts vid olika utrymningsförsök. Studierna visar på att det tidiga stadiet i utrymningen ofta kännetecknas av osäkerhet, missförstånd och ineffektivitet. Man försöker informera sig av vad som hänt och därefter börjar man agera. Panik uppstår mycket sällan vid utrymning. Om panik skulle uppstå beror de ofta på att de som utrymmer upplever att deras möjligheter att komma i säkerhet snabbt minskar samtidigt som hotet från branden ökar kraftigt. Personer tenderar annars att i hög grad hjälpa varandra vid utrymning. Auktoritet är en faktor som ofta har betydelse för att starta en utrymning. Människor förväntar sig att den som leder ett arbete eller en lektion i en skola skall ta initiativ till att starta utrymningen. Detta kan antingen ha en positiv eller negativ effekt beroende på när den auktoritära personen väljer att utrymningen skall påbörjas. (Frantzich, 2001)

7.3 Utrymningstid

Den dimensionerande utrymningstiden kan delas upp i tre olika delar, varseblivningstid ($t_{\text{varseblivning}}$), besluts- och reaktionstid ($t_{\text{beslut} + \text{reaktion}}$) och förflyttningstid ($t_{\text{förflyttning}}$) (Boverket, 2004). De olika delarna tar olika lång tid beroende på brandteknisk skyddsutrustning, byggnadens geometri samt individuella förutsättningar för de utrymmande personerna. De tre olika delarna utgör tillsammans den totala utrymningstiden. Om tiden till kritiska förhållanden är längre än utrymningstiden anses säker utrymning kunna ske. Säker utrymning kännetecknas alltså av följande kriterium:

$$t_{\text{kritiska förhållanden}} > (t_{\text{varseblivning}} + t_{\text{beslut} + \text{reaktion}} + t_{\text{förflyttning}})$$

7.3.1 Varseblivningstid

Varseblivningstiden utgör den tid som det tar för personen att upptäcka att någonting inte är som det ska vara. Eller kort sagt tiden till att en person upptäcker att det brinner. Upptäckten kan ske med syn, hörsel, lukt eller känsel av de brandgaser som branden producerar. Men varselblivningen kan också ske med hjälp av brandlarm eller utrymningslarm. Det är svårare att uppskatta varselblivningstiden när det inte finns automatiskt brandlarm.

Varseblivningstiden kan variera från några sekunder till flera minuter beroende på de förutsättningar som gäller ett specifikt scenario.

7.3.2 Besluts- och reaktionstid

Den tid som åtgår till att personen ska förstå att det brinner, lyssna på utrymningslarm, bekämpa branden, hjälpa andra att utrymma brukar betraktas som besluts- och reaktionstid. Denna tid kan förkortas om det finns utrymningslarm installerat i lokalerna. Andra faktorer som spelar in är om personerna är vakna och medvetna om vad som sker i deras omgivning. Då AstraZeneca bedriver årliga utrymningsövningar för samtliga byggnader kan man anta att besluts- och reaktionstiden kommer att vara relativt kort.

7.3.3 Förflyttningstid

Förflyttningstiden utgör den tid som det tar för personerna att förflytta sig till en säker plats. Tiden kan variera beroende på personernas individuella egenskaper. Gånghastigheter kan variera beroende på ålder och olika funktionshinder, men även belysningsnivå, vägledande markeringar och sikt kan ha betydelse. Andra saker som kan ha avgörande betydelse för hur lång förflyttningstiden blir är persontäthet och trånga passager som till exempel dörrar och trappor där köbildning kan ske.

7.4 Utrymningsrutiner vid AstraZeneca

Varje byggnad på AstraZenecas anläggningar i Södertälje skall ha utrymningsövning en gång om året. Detta har pågått under flera års tid. På grund av de kontinuerliga övningarna kan man anta att besluts- och reaktionstiderna kommer att vara relativt korta. Påverkan från auktoritära personer antas inte heller vara stor utan personalen antas kunna fatta egna beslut om att påbörja utrymning. Detta bekräftades vid en utrymningsövning som genomfördes i en byggnad i Snäckviken under platsbesöket i september 2006. De första personerna var ute ur byggnaden efter cirka 30 sekunder från det att utrymningslarmet startade. Det bör dock påpekas att det var två personer som inte utrymde utan fortsatte med sitt arbete som vanligt. Anledningen kan sägas vara ren slöhet.

7.4.1 Utrymningsövningar B621

Av de utrymningsövningar som hållits i B621 har de flesta skett relativt snabbt. Inrapportering på återsamlingsplatserna har skett efter ungefär fem minuter från det att utrymningslarmet startat (Thomas Dahlin, AstraZeneca Riskhantering & Säkerhet). Det tyder på mycket snabba besluts och reaktionstider eftersom inräkning på återsamlingsplatsen är inräknat i den tiden. Ett problem är dock att vid de flesta utrymningsövningar är det en eller ett par personer som inte utrymmer utan stannar kvar vid sitt arbete.

7.5 Utrymningstider

Utrymningstider för samtliga scenarier har simulerats i utrymningsprogrammet Simulex Version 11.1.3. En utförlig beskrivning av programmet kan ses i bilaga Q. Flera parametrar är viktiga vid utrymningssimuleringar. Persontäthet, dörrbredder, var personerna befinner sig, gånghastighet, besluts- och reaktionstid och blockerade utgångar är de som ofta har stor påverkan på utrymningstiderna. Följande antaganden och indata har använts vid samtliga utrymningsscenarier:

Personliga egenskaper: I samtal med arbetsledare och vid platsbesöket har det inte framkommit att någon person har något funktionshinder som kan påverka utrymningen. Ett antagande har gjorts att samtliga personer i byggnaden har egenskaper motsvarande "Office Staff" i Simulex.

Utgångar: Om inget annat anges i de specifika scenarierna förutsätts att alla utgångar och nödutgångar är fullt funktionella och att personerna utrymmer till närmsta utgång. Eftersom de flesta som normalt vistas i byggnaden har mycket god lokalkännedom anses det rimligt att de känner till var närmsta utgång ligger. De personer som kan vara i byggnaden tillfälligt och kanske inte har god lokalkännedom antas ha sällskap av någon som känner till byggnaden väl.

Persontäthet: Persontätheten är bedömd utifrån brandskyddsdocumentationen, intervjuer med arbetsledare och iakttagelser gjorda vid platsbesöket. I brandskyddsdocumentationen är personantalen generellt sett ganska mycket högre än vad arbetsledarna uppgivit. Eftersom det finns kontor och liknande för fler personer än de som arbetar i byggnaden i dag har valts att utgå från ett personantal som är högre än det personantal som är idag. I tabell 7.1 visas personantal på olika våningsplan i Simulex.

Tabell 7.1. Personantal på olika våningsplan och verksamheter i simuleringarna.

Våningsplan	Verksamhet	Personantal
Plan 1	Kontor och omklädningsrum	12
Plan 1	Övriga utrymmen	10
Plan 2	Godsmottagning	13
Plan 2	Omklädningsrum	11
Plan 2	Dispensering	18
Plan 2	Förråd i dispenseringen	8
Plan 2	Lång korridor	3
Plan 2	Övriga delar av förrådet	8
Plan 2	Förpackning	38
Plan 2	Kontor Förpackning	36
Plan 2	Kontor	35
Plan 3	Kontor	18
Plan 3	Omklädningsrum	11
Plan 3	Övriga utrymmen	2
Plan 3	Ventilationsutrymmen	3
Plan 3	Kontor godsmottagning	5
Plan 4	Kontor	23
Plan 4	Fikarum	12
Plan 4	Trapphus	1
Plan 5	Kontor	34
	Summa:	301

Antaganden som gjorts i simuleringarna är att personerna är helt säkra från branden när de lämnat byggnaden. Under viss tid kan personerna också anses säkra när de kommit ut från brandcellen där branden är.

7.6 Utrymning av hela byggnaden

En utrymningssimulering av hela byggnaden har genomförts för att kontrollera hur lång tid en fullständig utrymning av byggnaden tar. Besluts och reaktionstiden har satts till noll sekunder eftersom det vid utrymningsövningarna visat sig att det går mycket fort att utrymma byggnaden. Det är rimligt att anta att utrymning kommer påbörjas när utrymningslarmet aktiverats. Eftersom alla utrymmer samtidigt blir det enstaka köbildningar i korta perioder vid fikarummen på plan 2 där många personer vistas. Köbildningarna har dock ingen betydelse för den totala utrymningstiden eftersom det är så korta, samt att de är de långa förflyttningarna från de översta våningsplanen som tar längst tid.

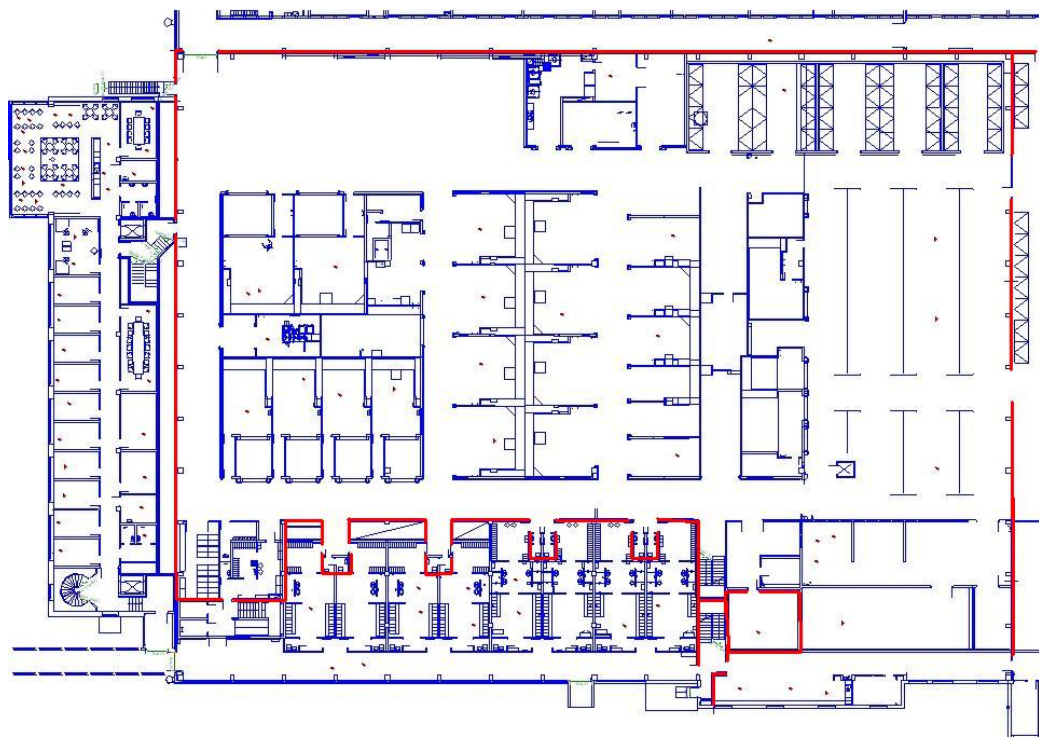
7.6.1 Resultat

Resultatet från simuleringen visar att det tar cirka 2,5-3 minuter innan alla personer är ute ur byggnaden. Känslighetsanalyser har gjorts där besluts- och reaktionstid lagts till på mellan 1-2 minuter. Resultaten från känslighetsanalyserna visar att utrymningstiden ökar med ungefär lika mycket som reaktionstiden väljs till.

7.7 Utrymning Brand i förråd

För att undersöka hur lång tid det tar för personerna som vistas i brandcellen där förrådet och dispenseringen behöver för att utrymma har en utrymningssimulering gjorts för denna brandcell. Det har antagits att personerna är säkra för minst en timme när man kommit ut från brandcellen eftersom de lägst klassade väggarna är i klass EI60.

Antal personer som vistas i brandcellen har enligt tabell 7.1 antagits vara 26 stycken. Personplaceringen kan ses i figur 7.1 nedan. Personerna antas utrymma genom omklädningsrummen eller via nödutgången bredvid dörren till kontoren. Besluts och reaktionstiden har även i denna simulering antagits vara noll sekunder. Om det skulle befinna sig personer på loftgången utanför omklädningsrummen på plan 3 så är det troligt att dessa skulle upptäcka branden i ett tidigt skede och sätta sig i säkerhet snabbt eftersom dörrarna till omklädningsrummen ligger i direkt anslutning till loftgången samt att man har väldigt bra översikt över förrådet. Därför har eventuella personer på loftgången på plan 3 bortsetts från i denna simulering.



Figur 7.1. Personplacering vid utrymning av dispensering/förråd.

7.7.1 Resultat

Resultatet från simuleringen visar att det tar cirka 50 sekunder att utrymma dispenseringen/förrådet. Känslighetsanalys har också genomförts där besluts- och reaktionstid adderats till de olika personerna på mellan 1-2 minuter. Resultaten visar att utrymningstiden ökar med ungefär lika mycket som besluts- och reaktionstiden. Att ha en så lång reaktionstid är inte särskilt rimligt i detta scenario, eftersom brandförloppet är snabbt och det är troligt att personer i närheten av branden skulle upptäcka den snabbt. Ett osäkerhetsmoment är den tid det tar för personerna att aktivera utrymningslarmet. Risken finns också att personer som upptäcker branden glömmar bort att aktivera utrymningslarmet när de själva sätter sig i säkerhet.

Den tid det tar för personerna att upptäcka branden är svår att uppskatta då utrymningslarmet inte är kopplat till brandlarm eller sprinkleraktivering. De personer som befinner sig i förrådet borde dock upptäcka branden senast då brandlarmet aktiveras, eftersom branden då har nått en effekt på drygt 1 MW, vilket är relativt mycket.

Om ingen person vistas i förrådet antas att det tar ca 1 minut att upptäcka branden från att brandlarmet aktiverats. Detta är uppskattat utifrån att personerna skulle befinna sig i andra delen av brandcellen när larmet aktiveras. En osäkerhet här är om någon verkligen skulle gå en sökrunda för att kolla vad som hänt.

När branden väl identifierats uppskattas att ytterligare 30 sekunder behövs för att starta utrymningslarmet. Här är det osäkert om personerna verkligen trycker på larmknappen eller om de blir så stressade att de glömmet bort det. Totala utrymningstiderna skulle kunna se ut enligt tabell 7.2 nedan.

Tabell 7.2. Utrymningstider för Brand i förråd.

Effektutveckling	$t_{\text{varseblivning}}$ (s)	$t_{\text{beslut + reaktion}}$ (s)	$t_{\text{förflyttning}}$ (s)	Utrymningstid (s)
Ultrafast	76 (Brandlarm)	60 + 30 (Antaget värde)	50	216 (ca 3,5 min)
Fast	117	60 + 30 (Antaget värde)	50	257 (ca 4,5 min)

7.8 Utrymning Brand i förpackning 1

Vid utrymning av förpackning antas att 47 personer befinner sig i brandcellen. Personplacering kan ses i figur 7.2 nedan. Personerna antas vara säkra när de kommit ut från brandcellen.



Figur 7.2. Personplacering Brand i förpackning 1.

Den tid det tar för personerna att upptäcka branden är svår att uppskatta då utrymningslarmet inte är kopplat till brandlarm eller sprinkleraktivering. Ett rimligt antagande är dock att minst en av de personer som befinner sig vid förpackningslinjerna upptäcker branden senast då brandlarmet aktiveras. Om branden skulle starta i en maskin är det troligt att maskinen dessutom skulle ge någon typ av fellarm vilket skulle påkalla personalens uppmärksamhet. Det måste ändå tilläggas att tiden för att upptäcka branden ändå är en osäker variabel. Om det vistas väldigt få personer i lokalen tar det förmodligen längre tid att upptäcka en brand.

Tiden det sedan tar för personen som upptäcker branden att trycka på utrymningslarmet eller försöka släcka branden antas till cirka en minut. Normal besluts- och reaktionstid när personer ser brand är ca en minut (Boverket, 2004). Det är dock en osäkerhet om någon verkligen kommer att trycka på larmknappen.

7.8.1 Resultat

Resultat från simulering av förflyttningstider har visat att förflyttningen ut ur brandcellen tar cirka en minut. Besluts- och reaktionstiden har då antagits till noll sekunder i simuleringarna. Känslighetsanalys har genomförts med att anta att nödutgången vid fikarummet är blockerad av branden för de personer som är i vid förpackningslinjerna och att dessa måste utrymma via utgången nere till höger i figur 7.2. Resultaten från känslighetsanalysen visar att det tar cirka 30 sekunder längre tid att utrymma med de förutsättningarna. Resultaten kan ses i tabell 7.3.

Tabell 7.3. Utrymningstider för Brand i förpackning 1.

Effektutveckling	$t_{\text{varseblivning}}$ (s)	$t_{\text{beslut + reaktion}}$ (s)	$t_{\text{förflyttning}}$ (s)	Utrymningstid (s)
Fast	54 (Brandlarm)	60 (Antaget värde)	60	174 (ca 3min)
Fast med blockerad nödutgång	54 (Brandlarm)	60 (Antaget värde)	90	204 (ca 3,5min)
Medium	82 (Brandlarm)	60 (Antaget värde)	60	202 (ca 3,5min)
Medium med blockerad nödutgång	82 (Brandlarm)	60 (Antaget värde)	90	232 (ca 4min)

7.9 Utrymning Brand i förpackning 2

Vid utrymning av förpackning 2 antas att 26 personer befinner sig i brandcellen. Personplacering kan ses i figur 7.3 nedan. Personerna antas vara säkra när de kommit ut från brandcellen.



Figur 7.3. Personplacering Brand i förpackning 2.

Den tid det tar för personerna att upptäcka branden är svår att uppskatta då utrymningslarmet inte är kopplat till brandlarm eller sprinkleraktivering. Ett rimligt antagande är liksom i Brand i förpackning 1 att minst en av de personer som befinner sig vid förpackningslinjerna upptäcker branden senast då brandlarmet aktiveras. Om branden skulle starta i en maskin är det troligt att maskinen dessutom skulle ge någon typ av fellarm vilket skulle påkalla personalens uppmärksamhet. Det måste ändå tilläggas att tiden för att upptäcka branden ändå är en osäker variabel. Om det vistas väldigt få personer i lokalen tar det förmodligen längre tid att upptäcka en brand.

Tiden det sedan tar för personen som upptäcker branden att trycka på utrymningslarmet eller försöka släcka branden uppskattas till cirka en minut.

7.9.1 Resultat

Resultat från simulering av förflyttningstider har visat att förflyttningen ut ur brandcellen tar knappt en minut (cirka 50-60 s). Känslighetsanalys har genomförts med att anta att nödutgången vid truckladdningsplatsen är blockerad av branden för de personer som är i vid förpackningslinjerna och att dessa måste utrymma via utgången nere till höger i figur 7.3. Resultaten från känslighetsanalysen visar att det inte är någon tidsskillnad då nödutgången är blockerad. Resultaten kan ses i tabell 7.4.

Tabell 7.4. Utrymningstider för Brand i förpackning 2.

Effektutveckling	$t_{\text{varseblivning}}$ (s)	$t_{\text{beslut + reaktion}}$ (s)	$t_{\text{förflyttning}}$ (s)	Utrymningstid (s)
Fast	54 (Brandlarm)	60	60	174 (ca 3min)
Fast med blockerad nödutgång	54 (Brandlarm)	60	60	174 (ca 3min)
Medium	82 (Brandlarm)	60	60	202 (ca 3,5min)
Medium med blockerad nödutgång	82 (Brandlarm)	60	60	202 (ca 3,5min)

8 Värdering av personsäkerheten

I det här kapitlet görs en värdering av personsäkerheten i de analyserade scenarierna. Varje scenario värderas för sig. Diskussioner kring om säkerheten kan anses vara tillfredsställande eller ej kommer att föras till varje scenario.

8.1 Brand i förråd

I tabell 8.1 kan en sammanställning av tider till kritiska förhållanden och utrymningstider ses. Tabellen ger en överskådlig bild över tiderna. Av resultaten ses att utrymningen klaras av innan kritiska förhållanden uppstår i samtliga CFAST-simuleringar med geometrier utanför brandrummet. Som nämnts i jämförelsen i kapitel 6.2.9 kommer resultaten från den simuleringen att väga tyngre än den första. I fallet med ultrafast brandtillväxt när sprinkler inte aktiveras ligger tiden till kritiska förhållanden väldigt nära utrymningstiden. Det verkar alltså vara ett gränsfall om utrymning verkligen klaras av innan kritiska förhållanden i fallet då sprinkler inte aktiveras.

I fallen med väl omblandat fall klaras inte utrymning innan kritiska förhållanden uppstår. Enligt diskussionen i 6.2.10 känns det inte helt rimligt att det verkligen skulle kunna bli ett väl omblandat fall med förrådets geometri.

Tabell 8.1. Sammanställning av tider till kritiska förhållanden och utrymningstider inkl. varsel-, besluts- och reaktionstid.

	Tid till kritiska förhållanden	Tid till kritiska förhållanden (känslighetsanalys)	Utrymningstid
Ultrafast med sprinkler	4 min (238 s)	5 min (289 s)	3,5 min (216 s)
Ultrafast utan sprinkler	3,5 min (204 s)	3,5 min (223 s)	3,5 min (216 s)
Fast med sprinkler	6 min (352 s)	7,5 min (454 s)	4 min (257 s)
Fast utan sprinkler	5 min (303 s)	5,5 min (338 s)	4 min (257 s)
Ultrafast med väl omblandat fall	2,5 min (160 s)	2,5 min (160 s)	3,5 min (216 s)
Fast med väl omblandat fall	4,5 min (255 s)	4,5 min (255 s)	4,5 min (257 s)

En del osäkerheter finns när det gäller utrymningstiderna. Den största osäkerheten borde vara om någon verkligen kommer att aktivera utrymningslarmet vid en brand. Detta har tidigare diskuterats i 7.7.1. Ett förslag till åtgärd att komma tillrätta med den här osäkerheten är att minst en person i varje skiftlag får i uppgift att gå en sökrunda då brandlarm aktiveras och aktivera utrymningslarm om det behövs. Denna person skulle också kunna göra en snabb släckinsats i ett tidigt skede vilket också är bra för egendomsskyddet.

För att komma tillrätta med gränsfallet när sprinkler inte aktiveras föreslås att all service av sprinkleranläggningen sker då produktion inte pågår i byggnaden.

8.2 Brand i förpackning 1

I tabell 8.2 visar en sammanställning av tider till kritiska förhållanden och utrymningstider. Tabellen ger en överskådlig bild över tiderna. Av resultaten ses att utrymningen klaras av innan kritiska förhållanden uppstår vid brand. Marginalen mellan tid till kritiska förhållanden och utrymningstiden är i samtliga fall minst två minuter. Även här anses det inte särskilt rimligt att ett väl omblandat fall skulle uppstå eftersom geometrin är relativt stor.

Tabell 8.2. Sammanställning av tider till kritiska förhållanden och utrymningstider.

	Tid till kritiska förhållanden	Utrymningstid	Utrymningstid med blockerad nödutgång
FDS-simulering	Uppstår ej under första 5 min	3 min (174 s)	3,5 min (204 s)
Fast med väl omblandat fall	5,5 min (330 s)	3 min (174 s)	3,5 min (204 s)
Medium med väl omblandat fall	8,5 min (503 s)	3,5 min (202 s)	4 min (232 s)

Som nämnts i avsnitt 8.1 är det även här svårt att bedöma ifall och när någon aktiverar utrymningslarmet. Denna variabel är en osäkerhet även i detta scenario. Av figurerna 6.17-6.21 i 6.3.2 ser man att brandgaserna har spridits över hela lokalen vid en till två minuter. Det är då troligt att alla skulle uppfatta att det brinner oavsett om utrymningslarmet har aktiverats. Ett förslag på att en person får i uppgift att gå en sökrunda vi brandlarm kan ändå vara bra eftersom denne kan göra en snabb släckinsats i ett tidigt skede. På så sätt ökar också egendomsskyddet.

Brandsimuleringarna har utförts med antagandet att sprinkleranläggningen är i drift och begränsar branden. Om sprinklersystemet är fränkopplat eller inte fungerar finns möjlighet att kritiska förhållanden uppstår snabbare i lokalen. Eftersom sprinklern inte aktiveras förrän efter cirka tre minuter är det troligt att kritiska förhållanden inte uppstår innan utrymning klarats av, även om sprinkler inte aktiverar.

8.3 Brand i förpackning 2

I tabell 8.3 kan en sammanställning av tider till kritiska förhållanden och utrymningstider ses. Tabellen ger en överskådlig bild över tiderna. Av resultaten ses att utrymningen klaras av innan kritiska förhållanden uppstår vid brand.

Fallet då brandgaserna blir väl omblandade är även i detta fall inte särskilt rimligt eftersom geometrin är stor. Resultaten med väl omblandat fall ligger dessutom långt ifrån utrymningstiderna.

Tabell 8.3. Sammanställning av tider till kritiska förhållanden och utrymningstider.

	Tid till kritiska förhållanden	Utrymningstid	Utrymningstid med blockerad nödutgång
FDS-simulering	5-6 minuter i utrymmen nära branden	3 min (174 s)	3 min (174 s)
Fast med väl omblandat fall	6,5 min (400 s)	3 min (174 s)	3 min (174 s)
Medium med väl omblandat fall	10 min (600 s)	3,5 min (202 s)	3,5 min (202 s)

Osäkerheten att någon verkligen aktiverar utrymningslarmet gäller även i detta scenario. Ett förslag på att en person får i uppgift att gå en sökrunda vid brandlarm kan ändå vara bra även i detta fall, eftersom denne kan göra en snabb släckinsats i ett tidigt skede. På så sätt ökar också egendomsskyddet.

I det här scenariot finns även möjligheten att reducera risken för att brand uppstår genom att flytta truckladdningsplatsen till de andra truckladdningsplatserna som ligger avskilt från övrig verksamhet i egen brandcell.

Brandsimuleringarna har liksom i brand i förpackning 1 utförts med antagandet att sprinkleranläggningen är i drift och begränsar branden. Om Sprinklersystemet är fränkopplat eller inte fungerar finns möjlighet att kritiska förhållanden uppstår snabbare i lokalen. Eftersom sprinklern inte aktiveras förrän efter cirka tre minuter är det troligt att kritiska förhållanden inte uppstår innan utrymning klarats av, även om sprinkler inte aktiveras.

8.4 Riskvärdering

Resultaten från simuleringarna tyder på att utrymning kan klaras av innan kritiska förhållanden uppstår i de brandscenarier som har analyserats vidare från resultaten av riskanalysen. Eftersom simuleringensresultaten pekar mot att konsekvenserna inte blir så allvarliga som riskanalysen visade i början av rapporten behöver en del ändringar av konsekvenserna i riskanalysen göras.

Resultaten från scenario S11, brand i förråd tyder på att en säker utrymning kan ske innan kritiska förhållanden uppstår under de förutsättningar som simuleringar utförts efter. Därför kan konsekvensen för detta scenario sänkas. Hur stor sänkningen skall vara är svårt att avgöra. Själva startorsaken till branden kan ju leda till personskador som inte har med själva branden i sig att göra, men är ändå en del av scenariot. Till exempel kan en person som utför heta arbeten skada sig själv samtidigt som en brand startar. Därför är det inte lämpligt att sänka konsekvensen till mindre än 3 på skalan.

Scenario S9, brand då sprinklersystem är bortkopplat, har utretts i simuleringar av brand i förråd. Resultaten visar på att det troligtvis blir ett gränsfall för om utrymning klaras av om sprinkler inte aktiveras. Därför måste detta scenario ha kvar högsta konsekvensen på skalan.

Resultaten från simuleringar av scenario S12 och S13, som båda är brandscenarier i förpackningen, tyder på att utrymning klaras av innan kritiska förhållanden uppstår. Därför kan konsekvensen för dessa scenarier sänkas. Sänkningen bör inte heller här vara lägre än till 3 på skalan eftersom det finns olika startorsaker till branden som också skulle kunna leda till personskador.

En uppdatering av riskmatrisen har gjorts efter de ändringar av konsekvenser som presenterats ovan. Den nya riskmatrisen kan ses i figur 8.1. Några scenarier ligger fortfarande kvar i det mörka (röda) området. Även en uppdatering av frekvenserna för olika konsekvenser har gjorts (se figur 8.2). Uträkning av den totala frekvensen för varje konsekvens kan ses i tabell 8.4.

Frekvens (F)

>flera gånger per år	5					
1 gång per år	4					
1 gång per 1-10 år	3	S6	S1, S3, S4, S5, S7, S12, S13			
1 gång per 10-100 år	2	S16	S2, S15	S8, S17, S11	S9, S10	
< 1 gång per 100 år	1			S14		
		1	2	3	4	5

Konsekvens (K)

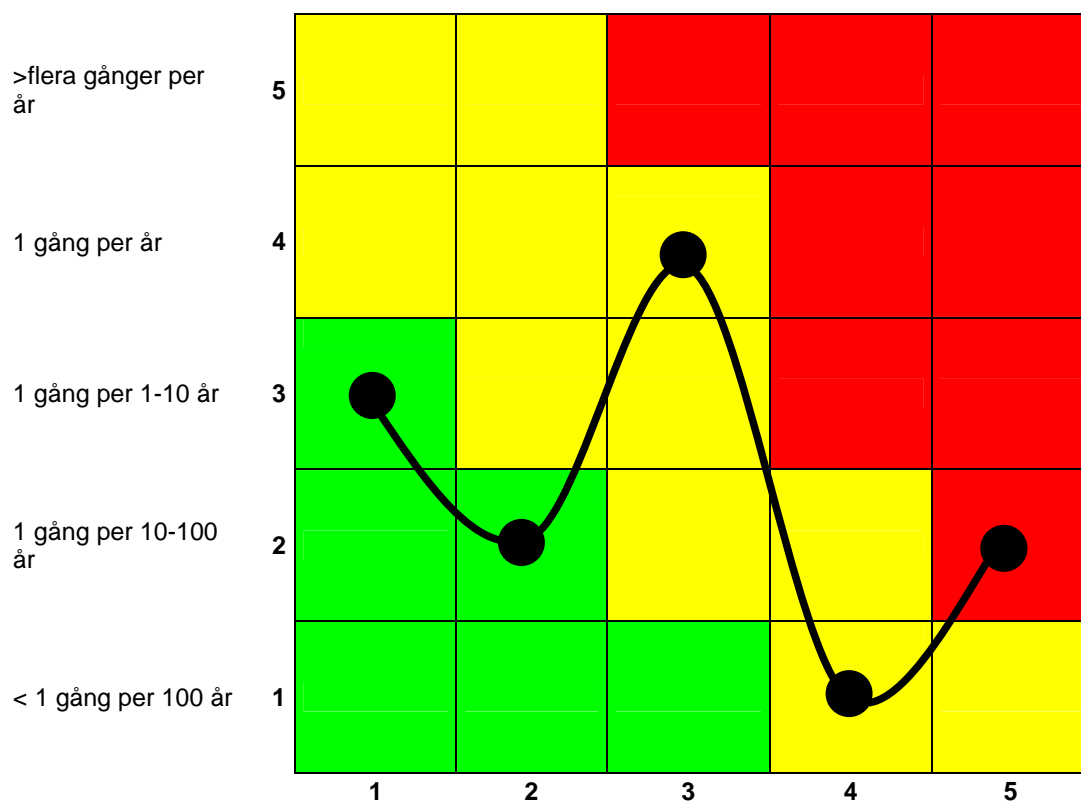
Inga betydande hälsoeffekter. Snabbt övergående obehag	En eller flera personer får lindriga skador, omplåstring på plats. Behöver ej läkarvård	Måste ha behandling av medicinsk personal. Inga vidare men efter läkning	Allvarlig kroppsskada, förlust av mindre kroppsdel eller nedsatt syn eller hörsel	En skada som leder till bestående invaliditet eller dödsfall
--	---	--	---	--

Figur 8.1. Uppdaterad riskmatris med ändringar av konsekvenser för scenario S11, S12 och S13. Detta är en uppdaterad version av riskmatrisen i 4.6.

Tabell 8.4. Sammanlagda frekvenser för olika typer av konsekvenser.

Konsekvens	Beräkning	Frekvens
5	$2 \cdot \frac{1}{55} = \frac{1}{27,5} \text{ år}$	2
4	$1 \cdot \frac{1}{100} = \frac{1}{100} \text{ år}$	1
3	$7 \cdot \frac{1}{5,5} + 3 \cdot \frac{1}{55} = 1,33 \text{ ggr / år}$	4
2	$2 \cdot \frac{1}{55} = \frac{1}{27,5} \text{ år}$	2
1	$1 \cdot \frac{1}{5,5} + 1 \cdot \frac{1}{55} = \frac{1}{5} \text{ år}$	3

Frekvens (F)



Konsekvens (K)

Inga betydande hälsoeffekter. Snabbt övergående obehag	En eller flera personer får lindriga skador, omplåstring på plats. Behöver ej läkarvård	Måste ha behandling av medicinsk personal. Inga vidare men efter läkning	Allvarlig kroppsskada, förlust av mindre kroppsdel eller nedsatt syn eller hörsel	En skada som leder till bestående invaliditet eller dödsfall
--	---	--	---	--

Figur 8.2. Totala riskbilden fördelat på olika konsekvenser. Detta är en uppdaterad version av riskmatrisen i 4.8.

Figur 8.2 visar att sänknigen av konsekvenserna för scenario S12 och S13 leder till att frekvensen för konsekvensen 3 ökar samtidigt som frekvensen för konsekvens 4 minskar. Frekvensen för konsekvensen 5 är fortfarande inom det röda området. En ytterligare utredning skulle kunna klarlägga risken för dammexplosioner som utgör ett av scenarierna som har konsekvensen 5. Det andra scenariet som har konsekvensen 5, brand när sprinkleranläggning är bortkopplad, skulle kunna strykas om urkoppling ej sker när normal verksamhet bedrivs i byggnaden.

Frekvenserna för olika typer av konsekvenser ger endast en bild av de scenarier som identifierats i arbetet. För att kunna säga något om den totala riskbilden måste även andra scenarier tas med i analysen, tex ergonomi, buller med mera. Det bör också påpekas att det är en grovanalys som har genomförts. Vissa konsekvenser och frekvenser har endast uppskattats och det är tänkbart att mer detaljerad statistik och ytterligare analys skulle kunna höja eller sänka både konsekvenser och frekvenser för olika scenarier.

9 Slutsatser och åtgärdsförslag

Resultaten från de simuleringar av brandförlopp och utrymning som utförts tyder på att personsäkerheten i de scenarier som analyserats vidare anses som tillfredsställande. Då sprinklersystemet inte aktiveras vid brand i förråd skulle kritiska förhållanden kunna uppstå innan utrymning klarats av. Därför föreslås att sprinklersystemet inte kopplas från då verksamhet pågår i byggnaden.

Det är viktigt att de befintliga skyddssystemen som finns fungerar, vilket har utgått ifrån i en del av simuleringarna. Rutiner för underhåll av de befintliga brandskyddssystemen verkar finnas. Det är viktigt att dessa rutiner följs. Dessutom är det viktigt att brandutbildning och utrymningsövningar hålls regelbundet med personalen. Detta för att behålla de snabba besluts- och reaktionstider som observerats vid tidigare utrymningsövningar samt att alla vet vilka rutiner som gäller.

För att minska osäkerheten med att någon verkligen aktiverar utrymningslarmet vid en brand föreslås att några personer i varje verksamhet har specifika uppgifter då brandlarm aktiveras. Här handlar det om att gå en sökrunda för att undersöka om det brinner och då aktivera utrymningslarm samt göra en första släckinsats om det är möjligt. Dessa personer bör ha lite mer utbildning än övriga, så att de till exempel kan se vilken detektor som har aktiverats.

Även om skyddet för personsäkerhet i de simulerade scenarierna anses tillfredsställande så visar resultaten att rökspridningen i lokalerna skulle kunna bli omfattande och orsaka skador på maskiner och andra inventarier i lokalerna. Det är svårt att avgöra hur stora åtgärder som är ekonomiskt motiverbara att genomföra. Ytterligare brandskyddssektionering av produktionslokalerna skulle kunna hindra att hela produktionsverksamheten påverkas av ett brandtillbud. Sektionering mellan förråd och dispensering skulle kunna hindra brandgaser från att sprida sig till dispenseringen vid en brand. Ytterligare ekonomiska bedömningar om vad som är motiverbart behöver göras. Sektioneringen behöver inte utföras för att säkerställa personsäkerheten, men är inget som försämrar personsäkerheten eftersom gångavstånden blir kortare.

Det finns en del enkla lösningar för att minska risken för att brand uppstår på några platser i byggnaden. Truckladdningsplatser som är placerade i verksamheten bör flyttas till de truckladdningsrum som finns i byggnaden. Brännbart material i form av emballage och tompallar bör inte förvaras i större kvantiteter än nödvändigt i produktionslokalerna.

Det har inte varit möjligt att inom tidsramen för detta arbete gå vidare med den utredning som behöver göras för att fastställa de verkliga riskerna för dammexplosioner med de ämnen som hanteras i B621. Här föreslås att AstraZeneca kollar upp samtliga ämnen som hanteras i verksamheten, samt om de förekommer i sådan kornfördelning att det finns risk för dammexplosioner. Det gäller framförallt de ämnen som hanteras i stora volymer. Det Explosions-skyddsdokument som Basis of SHE 2006-08-22 anses vara är inte tillräckligt enligt AFS 2003:3. Ett korrekt explosions-skyddsdokument skall därför upprättas. Ett ytterligare förslag är att klart och tydligt fastslå vem eller vilken avdelning som har ansvar att göra riskbedömningen som krävs enligt ATEX-direktivet.

9.1 Förslag till åtgärder

Här följer en sammanfattning av de förslag till åtgärder som diskuterats ovan.

- Sprinklersystemet skall ej kopplas ur då ordinarie verksamhet pågår i byggnaden.
- Minst en person i varje verksamhet i byggnaden får i uppgift att gå en sökrunda då brandlarmet aktiveras för att kunna vidta snabba åtgärder samt aktivera utrymningslarm om det är nödvändigt. Dessa personer föreslås även få mer frekvent samt mer ingående brandskyddsutbildning än övrig personal.
- En utredning av vilka åtgärder som är ekonomiskt försvarbara att genomföra för att hindra brand/brandgasspridning för att skydda egendom i byggnaden behöver utföras.
- Truckladdningsplatser som är placerade i verksamheten bör flyttas till de truckladdningsrum som finns i byggnaden.
- Brännbart material i form av emballage och tompallar bör inte förvaras i större kvantiteter än nödvändigt i produktionslokalerna.
- En utredning görs för samtliga substanser som hanteras i byggnaden för att säkerställa att det inte finns risk för dammexplosioner.
- Ett tydligt klargörande om vilken avdelning som har ansvar att göra riskbedömningen som krävs enligt ATEX-direktivet.
- Ett korrekt explosionsskyddsdocument skall upprättas enligt AFS 2003:3.

10 Litteraturförteckning

Arbetsmiljöverkets författningssamling AFS 2003:3, *Arbete i explosionsfarlig miljö*, Arbetsmiljöverket, Stockholm

Babrauskas, V. (1998), Burning Rates. I P.J. DiNenno m.fl. (Red). *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering (pp 3-1 – 3-15)*, National Fire Protection Association, Quincy

Bengtson, S. (1993), *Brandrisker Brandskydd inom näringslivet*, Svenska Brandförsvarsförbundet. Stockholm

Boverkets Byggregler BFS 1993:57 med ändring till och med 2002:19(2002), Föreskrifter och allmänna råd, Karlskrona.

Boverket (2004), *Utrymningsdimensionering*, Boverket, Karlskrona

Brandskyddshandboken En handbok för projektering av brandskydd i byggnader, Rapport 3134, (2005), Brandteknik, Lunds tekniska Högskola, Lund

Brandteknik (2005), *Kompendium i kursen aktiva system (VBR082)*, Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund

Carlsson, J., Husted, B., & Göransson, U. (2005). Användning av CFD för brandtekniska beräkningar – Fördelar och Fallgropar. *Bi-Lagan*, (1), 13-16.

Davidsson, G. (2003), *Handbok för riskanalys*, Räddningsverket, Karlstad

Dittmer, T., Jämtäng, U. (2006), *Känslighetsanalys av FDS och dess undermodeller i ett tunnelscenario*, Rapport 5192, Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund

Drysdale, D. (1998), *An Introduction to Fire Dynamics*, Chichester: John Wiley & Sons Ltd, New York

Eckhoff, R. K. (2003), *Dust explosions in the process industries, Third edition*. Elsevier Science, Burlington

Evans, D. & Stroup, D. (1985), *Methods to Calculate the Response Time of Heat and Smoke Detectors Installed Below Large Unobstructed Ceilings*, U.S. Department of Commerce, National Bureau of Standards, National Engineering Laboratory, Gaithersburg, MD.

1999/92/EG, *Minimikrav för förbättring av säkerhet och hälsa för arbetstagare som kan utsättas för fara orsakad av explosiv atmosfär*, Europaparlamentet & Europeiska rådet

Forney, G., McGrattan, (2005), *Fire Dynamics Simulator (Version 4) User's Guide*, NIST, NIST special publication 1019, Washington

Frantzich, H. (1996), *Fire Safety Analysis of Health Care Facility*, Rapport 3085, Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund

Frantzich, H. (2001), *Tid för utrymning vid brand*, SRV Rapport P21-365/01, Statens Räddningsverk, Karlstad

Ingason, H., Arvidson, M. (2001). *Samtidig användning av sprinkler och brandgasventilation* SP Rapport 2001:17, SP Brandteknik, Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, Borås

Ingason, H. (2001). *Samtidig användning av sprinkler och brandgasventilation*, SP Rapport 2001:18, SP Brandteknik, Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, Borås

Ingason, H. (2001), *An experimental study of rack storage fires*, SP Rapport 2001:19, SP Brandteknik, Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, Borås

Integrated Environmental Solutions Ltd (IES Ltd), (1998), *Simulex version 11.1.3 hjälpmmanual*

ISO/WDI 13390 (1995), *Subsystem 1, Initiation and development of fire and effluents*, International Organization for Standardization

Jensen, L. (2002), *Brandgasspridning via ventilationssystem*, Rapport TABK—98/7050, Avdelningen för installationsteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund

Johansson, H. (1998), *Brandfrekvenser och typbränder i industrianläggningar*, Rapport 3100, Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund

Karlsson, B. & Quintiere, J. G. (1999), *Enclosure Fire Dynamics*, Boca Raton: CRC Press LLC, Florida

Kemikontoret (2001) *Tekniska Riskanalysmetoder – Riskhantering 3 En vägledning för identifiering, värdering och begränsning av risker vid industriell kemikaliehantering*

NFPA 13 Standards for the Installation of Sprinkler Systems 1996 Edition, National Fire Protection Association, Quincy

Peacock, R. D., Jones, W. W., Reneke, P. A., Forney, G. P. (2005), *CFAST – Consolidated Model of Fire Growth and Smoke Transport (Version 6) User's Guide*. NIST special publication 1041, NIST, Washington

Perméus, G. (1996), *Brandrisker inom processindustrin*, Svenska Brandförsvarsförningen, Stockholm

Petersen, A. J. & Sommerlund-Larsen, K. (2006), *Modellering af lavimpulsbrände*, Indeklima og Energi, Det Teknisk-Naturvidenskabelige Fakultet, Aalborg Universitet, Aalborg

Rutstein, R. (1979). The Estimation of the Fire Hazard in Different Occupancies. *Fire Surveyor* (Vol 8, No 2). 21-25

Räddningsverket (2005), *Räddningstjänst i siffror 1996-2004*, Räddningsverket, Karlstad

RIB (Integrerat beslutsstöd för skydd mot olyckor), version 2-2006, Räddningsverket 2006, Karlstad

Scandia, (1987). Loddbyförsöken, *ScandiaTips*, nr 1. ScandiaTips, Stockholm

Scandia, (1987). Loddbyförsöken, *ScandiaTips*, nr 2. ScandiaTips, Stockholm

Svenska Brandförsvarsföreningen SBF (1994), *Dammexplosioner*, Svenska Brandförsvarsföreningen, Stockholm

SBF 120:6 Sprinkler, Stockholm: Svenska Brandskyddsföreningen

SBF 110:6 Brandlarm, Stockholm: Svenska Brandskyddsföreningen

Särdqvist S. (1993), *Initial fires*, Institutionen för brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund

Tewarson, A. (1988). Generation of heat and chemical compounds in fires. I P.J. DiNenno m.fl. (Red). *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering (pp 3-53 – 3-124)*, National Fire Protection Association, Quincy

Internetreferenser

1. AstraZenecas hemsida (2006-12-02)

<http://www.astra.se/OmOss/Korta-fakta.aspx?mid=72>

2. AstraZenecas hemsida (2006-12-02)

<http://www.astra.se/OmOss/Verksamheten-i-Sverige.aspx?mid=82>

3. Södertörns Räddningstjänstförbunds hemsida (2006-11-24)

http://www.sodertorn.brand.se/L_templates/Page.aspx?id=2575

4. Plastpallar av PE: (2006-11-28)

<http://www.nefab.se/ProdukterTj%C3%A4nster/Produkter/Returf%C3%B6rpackningar/Pallar/Plast/tabid/1015/Default.aspx>

5. Plastpallar av PE: (2006-11-28)

<http://www.runelandhs.se/>

6. Plastpallar av PE: (2006-11-28)

<http://www.tofotrading.se/index.asp?SidID=10&hkat=Plastpallar&ukat=Hygienpall>

7. Plastpallar av PP: (2006-11-28)

<http://ttcommerce.com/Prodpages/Industry/pallets/hdppallets.htm>

8. NIST Detact T2

<http://www.bfrl.nist.gov/866/fmabbs.html#DETTACTT2>

9. NIST CFAST

<http://fast.nist.gov/>

10. NIST FDS

<http://fire.nist.gov/fds/>

AstraZeneca

Basis of SHE Projekt Tillbyggnad av B621 etapp 5, daterad 2004-02-24

Basis of SHE TFP Packaging, Gärtuna, byggnad 621:2 daterad 2006-04-04

Basis of SHE TPF Förråd Gärtuna, Bgn. 621 daterad 2006-08-22

Brandskyddsdocumentation B621 daterad 2006-08-03, version 10 relationshandling

Statistik från WPS (Lista över kemikalier som hanteras i B621)

Statistik från WPS(2) (Lista över kemikalier som hanteras i B621)

Personer som rådfrågats på AstraZeneca

Thomas Dahlin, Riskhantering & Säkerhet

Stig Hyllman, Riskhantering & Säkerhet

Christer Ståhl, Riskhantering & Säkerhet

Peter Kekkonen, angående ventilationssystemet i B621

Johanna Åhs, angående Basis of SHE Rapport

Rolf Harder, angående arbetsrutiner i förråd/dispensering

Bo Hammarstedt, angående arbetsrutiner i förpackning

Ritningar

Förvaltningsritning: A621-301:100 Daterad: 2006-05-03 Plan 1

Förvaltningsritning: A621-301:200 Daterad: 2006-05-03 Plan 2

Förvaltningsritning: A621-301:300 Daterad: 2006-05-03 Plan 3

Förvaltningsritning: A621-301:400 Daterad: 2006-05-03 Plan 4

Förvaltningsritning: A621-301:500 Daterad: 2006-05-03 Plan 5

Förvaltningsritning: A621-301:600 Daterad: 2006-05-03 Plan 6

Förvaltningsritning: A621-301:700 Daterad: 2006-05-03 Takplan

Bilaga A. Sannolikheter för uppkomst av brand.

Här redovisas de beräkningar som gjort för att få fram frekvenser för hur ofta brand uppstår. Beräkningarna har utgått ifrån Rutsteins modell (Rutstein, 1979; Johansson, 1998). En begränsning med formlerna är att de bygger på bränder där brandförsvaret har kallats till platsen. De fall där personal på plats har lyckats släcka finns alltså inte representerad. Det skulle kunna att formeln ger en underskattning av brandfrekvensen. Följande formel används för att beräkna frekvenserna för brand:

$$P_{\text{Brand}} = aA_F^b$$

P_{Brand} = Frekvensen för brand (år⁻¹)

A_F = Golvarean av den industri för vilken frekvensen skall beräknas.

a = Konstant beroende på verksamheten i lokalen

b = Konstant beroende på verksamheten i lokalen

Tabell A.1 Konstanterna a och b för olika typer av industriverksamhet.(Rutstein, 1979; Johansson, 1998)

Industriverksamhet	a	b
All tillverkande industri	0,0017	0,53
Mat, dryck och tobak	0,0011	0,60
Kemiska	0,0069	0,46
Mekaniska	0,00086	0,56
Elektriska	0,0061	0,59
Fordon	0,00012	0,86
Trä, möbler	0,00037	0,77
Textil	0,0075	0,35
Papper, tryckerier	0,00007	0,91
Annan tillverkning	0,0084	0,41
Lager	0,00067	0,5
Kontor	0,000059	0,9

I de fall där räddningsverkets statistik anses tillämplig har även den använts som komplettering till ovanstående formel.

Scenario S6: Brand vid truckladdningsplats

Baserat på brand i lager: 6000 m²

Ger frekvens för brand = 0,05189/år vilket ger en brand per 19,27 år.

Vid truckladdningsplats anses risk för brand vara högre än för andra delar av lager vilket gör att vi klassar detta scenario som 3 i frekvens.

Scenario S8: Brand i lagring av brandfarlig/mycket brandfarlig vara

Baserat på brand i lager: 6000 m²

Ger frekvens för brand = 0,05189/år vilket ger en brand per 19,27 år.

Brandfarlig vara förvaras i brandskåp vilket gör att sannolikheten för brand enligt vår bedömning måste minska. Frekvensen antas därför vara 2 på skalan.

Scenario S9: Brand när sprinklersystem är bortkopplat

Baserat på en sammanvägning av brand i lager och brand i tillverkning: 6000 m² och 7200 m².

Brand i lager ger en brand per 19,27 år.

Brand i tillverkning(all tillverkande industri) ger en brand per 5,31 år.

Eftersom sprinklersystemet bara är bortkopplat under en kort period så borde risken för brand minska eftersom det är en kort tid det handlar om. Samtidigt bedöms möjliga tändkällor vara fler eftersom systemet förmodligen är avstängt just på grund av till exempel heta arbeten. frekvensen bedöms vara 2 på skalan.

Scenario S11: Brand i lågförråd

Baserat på brand i lager: 6000 m²

Ger frekvens för brand = 0,05189/år vilket ger en brand per 19,27 år.

Statistik (Räddningsverket, 2005) visar på ett snitt på 7,2 bränder/1000 taxeringsenheter under åren 1998-2004. Detta ger en frekvens på cirka en brand per 139 år. Efter en sammanvägning av de båda siffrorna görs bedömningen att frekvensen klassas som 2 på skalan.

Taxeringsenhet är i allmänhet detsamma som en fastighet, men Räddningsverket rekommenderar att uppgifterna tolkas med försiktighet eftersom det inte alltid är så. Dessutom kan antalet byggnader vara flera på samma fastighet.

Scenario S12: Brand i förpackningsdel

Baserat på brand i tillverkande industri: 7200 m²

Ger frekvens för brand = 0,188/år vilket ger en brand per 5,31 år.

Statistik (Räddningsverket, 2005) visar på ett snitt på 151,9 bränder/1000 taxeringsenheter för kemisk industri under åren 1998-2004. Detta ger en frekvens på cirka en brand per 6,58 år. Vid truckladdningsplats anses risk för brand vara ganska hög vilket gör att vi klassar detta scenario som 3 i frekvens.

Scenario S13: Brand i förpackningsmaskin

Baserat på brand i tillverkande industri: 7200 m²

Ger frekvens för brand = 0,188/år vilket ger en brand per 5,31 år.

Statistik (Räddningsverket, 2005) visar på ett snitt på 151,9 bränder/1000 taxeringsenheter för kemisk industri under åren 1998-2004. Detta ger en frekvens på cirka en brand per 6,58 år. Dessutom har AstraZeneca haft ett brandtillbud i en maskin i B621 tidigare vilket gör att frekvensen borde ligga inom detta intervall, dvs. 3 på skalan. Statistik (Johansson, 1998) visar på att maskiner är en av de vanligaste brandstiftarna i industrier.

Scenario S15: Brand i kontorsutrymmen.

Baserat på brand i kontor: 3700 m²

Ger frekvens för brand = 0,099/år vilket är en brand per 10,4 år.

Detta gör att frekvensen bedöms vara 2 på skalan.

Scenario S16: Brand i omklädningsrum

Baserat på brand i all tillverkande industri: 1050 m²

Ger frekvens för brand = 0,068/år vilket är en brand per 14,6 år.

Detta gör att frekvensen bedöms vara 2 på skalan.

Scenario S17: Brand i tompallar

Baserat på brand i lager: 6000 m²

Ger frekvens för brand = 0,05189/år vilket ger en brand per 19,27 år.

Detta gör att frekvensen bedöms vara 2 på skalan.

Bilaga B. Kontroll av bränsletillgång och syretillgång

Brand i förråd

För att kontrollera om branden kommer att bli bränslekontrollerad eller syrekontrollerad har valts att utgå från ultrafast tillväxthastighet utan sprinkleraktivering. Om syret och bränslet räcker för den effektkurvan så kommer de att göra det för de andra effektkurvorna också.

Bränslekontroll

Kontrollen har utgått ifrån antagandet att det brännbara materialet har en förbränningsenergi på 20 MJ/kg. Detta är uppskattat som ett medelvärde mellan trä och plast utifrån värden i SFPE-handboken (Tewarson, 1998).

Integrera för att få fram energin under det tidiga brandförloppet:

$$E = \int_0^{600} \alpha \cdot t^2 dt = \left[\frac{\alpha \cdot t^3}{3} \right]_0^{600} = 13680 \text{ MJ}$$

Förbränningsenergi i bränslet är cirka 20 MJ/kg (Uppskattat värde mellan trä och plast)

$$(13680 \text{ MJ}) / (20 \text{ MJ/kg}) = 684 \text{ kg}$$

En lastpall har antagits väga cirka 20 kg

$$(684 \text{ kg}) / (20 \text{ kg/pall}) = 34 \text{ pallar}$$

Sammanlagt skulle alltså material motsvarande cirka 34 pallar ha brunnit upp under de första 600 sekunderna. Eftersom mängden lagrat material överstiger 34 pallar kommer bränslet räckta till för den aktuella effektkurvan.

Syrekontroll

Syrekontrollen har utförts enligt den metod som beskrivs i Enclosure Fire Dynamics (Karlson, 1999).

Luftens syreinhåll har antagits vara 23 % och energiinnehållet i luften cirka 13,1 MJ/kg.

Effekt som tillförs via dörrar:

$$\text{Dörr 1: } \dot{Q} = 0,5 \cdot A \cdot \sqrt{H} \cdot 0,23 \cdot 13,1 = 0,5 \cdot 3,5 \cdot 3,6 \cdot \sqrt{3,5} \cdot 0,23 \cdot 13,1 = 35,5 \text{ MW}$$

$$\text{Dörr 2: } \dot{Q} = 0,5 \cdot A \cdot \sqrt{H} \cdot 0,23 \cdot 13,1 = 0,5 \cdot 3,5 \cdot 3,1 \cdot \sqrt{3,5} \cdot 0,23 \cdot 13,1 = 28,8 \text{ MW}$$

$$\text{Totalt ger detta: } 35,5 + 28,8 = 64,3 \text{ MW}$$

Syre som finns i rummet:

Här antas att hälften av syret som finns i rummet kan förbrännas vilket ger följande formel:

$$\text{Energiinnehåll i luften i förrådet} = \text{Längd} \cdot \text{Bredd} \cdot \text{Höjd} \cdot \text{Densiteten för luft} \cdot \text{Andelen syre i luften} \cdot \text{Syrets energiinnehåll} \cdot 0,5 = 19 \cdot 34 \cdot 8 \cdot 1,2 \cdot 0,23 \cdot 13,1 \cdot 0,5 = 9343 \text{ MJ}$$

En sammanvägd bedömning av syrets energiinnehåll och syret som kommer igenom dörrarna leder till att branden inte bedöms bli syrekontrollerad under de första 600 sekunderna.

Utifrån ovanstående kan man dra slutsatsen att både bränsle och syre kommer att räckta till för samtliga effektkurvor som analyseras i scenariot.

Brand i förpackning 1 och 2

För att kontrollera om branden kommer att bli bränslekontrollerad eller syrekontrollerad har valts att utgå från Fast tillväxthastighet med sprinkleraktivering.

Bränslekontroll

Energi fram till sprinkleraktivering:

$$E = \int_0^{176} \alpha \cdot t^2 dt = \left[\frac{\alpha \cdot t^3}{3} \right]_0^{176} = 85,4 \text{ MJ}$$

Energi från sprinkleraktivering till 600 sekunder:

$$(600-176)\text{s} \cdot 1456\text{kW} = 617,3 \text{ MJ}$$

Total energi under brandförloppet:

$$85,4 + 617,3 = 702,7 \text{ MJ}$$

En förbränningsenergi på 15 MJ/kg ger vikten på materialet:

$$(702,7 \text{ MJ}) / (15 \text{ MJ/kg}) = 46,8 \text{ kg}$$

Sammanlagt skulle alltså material motsvarande cirka 46,8 kg ha brunnit under de första 600 sekunderna. Eftersom mängden lagrat material överstiger 46,8 kg kommer bränslet att räcka för aktuell effektkurva.

Syrekontroll

Brand i förpackning 1

$$\text{Öppning 1: } \dot{Q} = 0,5 \cdot A \cdot \sqrt{H} \cdot 0,23 \cdot 13,1 = 0,5 \cdot 4,8 \cdot 4 \cdot \sqrt{4,8} \cdot 0,23 \cdot 13,1 = 63,4 \text{ MW}$$

$$\text{Öppning 2: } \dot{Q} = 0,5 \cdot A \cdot \sqrt{H} \cdot 0,23 \cdot 13,1 = 0,5 \cdot 4,8 \cdot 2 \cdot \sqrt{4,8} \cdot 0,23 \cdot 13,1 = 31,7 \text{ MW}$$

$$\text{Totalt ger detta: } 63,4 + 31,7 = 95,1 \text{ MW}$$

Eftersom den maximala effektutvecklingen från branden blir cirka 1,5 MW så räcker syret gott och väl till. Branden kommer alltså inte att bli syrekontrollerad.

Brand i förpackning 2

$$\text{Öppning 1: } \dot{Q} = 0,5 \cdot A \cdot \sqrt{H} \cdot 0,23 \cdot 13,1 = 0,5 \cdot 4,8 \cdot 2 \cdot \sqrt{4,8} \cdot 0,23 \cdot 13,1 = 31,7 \text{ MW}$$

$$\text{Öppning 2: } \dot{Q} = 0,5 \cdot A \cdot \sqrt{H} \cdot 0,23 \cdot 13,1 = 0,5 \cdot 4,8 \cdot 3,2 \cdot \sqrt{4,8} \cdot 0,23 \cdot 13,1 = 50,7 \text{ MW}$$

$$\text{Öppning 3: } \dot{Q} = 0,5 \cdot A \cdot \sqrt{H} \cdot 0,23 \cdot 13,1 = 0,5 \cdot 4,8 \cdot 2 \cdot \sqrt{4,8} \cdot 0,23 \cdot 13,1 = 31,7 \text{ MW}$$

$$\text{Totalt ger detta: } 31,7 + 50,7 + 31,7 = 114,1 \text{ MW}$$

Eftersom den maximala effektutvecklingen från branden blir cirka 1,5 MW så räcker syret gott och väl till. Branden kommer alltså inte att bli syrekontrollerad.

Bilaga C. Beskrivning av Detact –t²

Detact-t² är ett datorprogram utvecklat av amerikanska NIST (Internetreferens 8) som beräknar aktiveringstider för sprinkler och rökdetektorer. Programmet beskriver effektutvecklingen med hjälp av alfa-t² kurvor. Indata anges i form av rumstemperatur, RTI-värde, aktiveringstemperatur, takhöjd, brandens tillväxthastighet samt avståndet mellan sprinklerhuvudena. Utifrån dessa indata beräknar programmet hur lång tid det tar för sprinklern/detektorn att aktiveras.

Beräkningarna utförs utifrån en takstrålemodell som värmer upp detektorn/sprinklern, dvs. ingen hänsyn tas till det varma brandgaslagret utan sprinklern/detektorn värms upp enbart genom takstrålen.

För att få god tillförlitlighet i simuleringarna bör det inte vara allt för mycket saker i taket som hindrar takstrålen från att nå sprinklerhuvudet/detektorn. Exempel på sådana saker är takbjälkar, stora ventilationskanaler och annan inredning. Den version av programmet som använts i simuleringarna är Version 1.0. Det finns även ytterligare beskrivning av programmet och dess beräkningsmetod att läsa i andra rapporter (Ewans, 1985).

Bilaga D. Aktiveringstider för sprinkler och brandlarm

Aktiveringstider för brandlarm och sprinkler har simulerats med programmet Detact-t².

Vid simulering av aktiveringstider för brandlarm har antagits att rökdetektorn kommer att reagera som en värmedetektor men med en mycket snabbare responstid. Därför har antagits att aktiveringstemperaturen är 25°C och RTI-värdet är $0,5 \sqrt{ms}$. (Frantzich, 1996)

För stordroppssprinkler gäller att minsta avståndet mellan sprinkler får vara 2,4 meter, och det maximala avståndet 3,7 meter (National Fire Protection Association, 1996). Då inga sprinklerritningar funnits tillgängliga har avståndet mellan sprinkler antagits vara tre meter i simuleringarna. Samma avstånd har antagits för övriga sprinkler i byggnaden. Känslighetsanalys av simuleringarna har gjorts med både ändrade RTI-värden och avstånd mellan sprinklerna.

Resultaten har visat att det endast är marginella skillnader vid ändring av RTI-värde och avstånd mellan sprinkler, medan en ändrad brandtillväxt ger en mycket större skillnad i aktiveringstid. På grund av att RTI-värden för smältbleck ofta är mycket högre än för sprinkler valdes ett RTI-värde på 400 för att kolla hur resultaten varierade. De känslighetsanalyser som gjordes med sprinkler var det maximala RTI-värderna 200 i känslighetsanalysen vilket förklarar att skillnaderna var mindre för sprinklerna.

Fullständig indata kan ses i tabell D.1.

Tabell D.1. Indata och resultat från simuleringarna med Detact-t².

	T _{start} (°C)	RTI \sqrt{ms}	T _{aktivering} (s)	Takhöjd (m)	Avstånd mellan detektorer/sprinkler (m)	α - värde	t _{aktivering} (s)
Brandlarm förråd	20	0,5	25	8	10	UF	76,8
	20	0,5	25	8	10	F	117
Sprinkler förråd	20	100	68	8	3	UF	145
	20	200	68	8	3	UF	168
	20	100	68	8	3	F	233
Rökluckor förråd	20	100	150	8	10	UF	363
	20	400	150	8	10	UF	469
	20	100	150	8	10	F	638
	20	400	150	8	10	F	772
Brandlarm förpackning	20	0,5	25	4,85	10	F	54
	20	0,5	25	4,85	10	M	82
Sprinkler förpackning	20	100	68	4,85	3	F	176
	20	100	68	4,85	3	M	286

Bilaga E. Beskrivning av CFAST/Tvåzonsmodellen

Den version av programmet som använts vid simuleringarna är CFAST 6.0.9.60615. Programmet är utvecklat av Building and Fire Research som är en del av amerikanska NIST (National Institute of Standards and Technology).

CFAST är ett datorberäkningsprogram som använder sig av den så kallade tvåzonsmodellen. Tvåzonsmodellen bygger på att ett brandrum delas upp i två olika zoner, en övre brandgasfylld zon som innehåller de varma brandgaserna, och en undre zon som innehåller kall brandgasfri luft. Massa och energiekvationer löses för varje tidsenhet för de båda zonerna. All transport av brandgaser mellan de båda zonerna sker i en brandgasplym, i detta fall med McCaffreys plymmodell. Tvåzonsmodellen kan inte beräkna transporttider för brandgaserna i plymen utan ett brandgaslager skapas direkt som branden startar (Brandteknik, 2005).

Det finns en del andra begränsningar som måste beaktas vid användande av tvåzonsmodellen. En liten brand i ett stort rum behöver inte leda till en tvåzonsskiktning eftersom brandgaserna kyls av och tappar den stigningskraft som behövs för att bilda ett brandgaslager. Omvänt gäller att en stor brand i ett litet rum inte alltid bildar en tvåzonsskiktning eftersom det uppstår turbulens. Istället för ett tvåzonsskikt blir det en väl omblandad zon i hela rummet. Om man simulerar flera våningsplan så fungerar tvåzonsmodellen sämre för de plan som ligger ovanför brandplanet. (Brandteknik, 2005)

Förhållandet för brandeffekten och rumsgeometrierna bör följa nedanstående begränsningar (ISO/WD13390) :

$$Q \geq 5 * A * H^{1/2} \text{ (kW)}$$

$$A = L * H \text{ (m}^2\text{)} \quad L = \text{Bredden på tilluftsöppningar}$$

Q = Brandeffekten

H = Höjden på tilluftsöppningar

L/H > 6 ger *oacceptabla* resultat

L/W > 5 ger *oacceptabla* resultat

L/W ≤ 3 ger *acceptabla* resultat

L/H ≥ 0,2 ger *acceptabla* resultat

L/H ≤ 3-4 ger *acceptabla* resultat

H = Rummets höjd (m)

L = Rummets längd (m)

W = Rummets bredd (m)

L > W

Det har gjorts ett flertal studier för att kontrollera tvåzonsmodellernas tillförlitlighet. Man har mätt upp värden i experiment och jämfört dessa med resultat från tvåzonsmodeller. Försöken har utförts i både stora och små rum, ofta med ett eller flera angränsande rum. Resultaten visar en relativt hög tillförlitlighet. Detta gäller både för brandrummet och de närmast angränsande utrymmena på samma våningsplan. (Brandteknik, 2005)

Som indata för beräkningar med programmet kan man ange en rad olika saker. Nedan följer en översiktlig genomgång av de olika indata som kan anges (Peacock, 2005).

Byggnaden	Geometrin för rummen med öppningar, material på väggar golv och tak, ventilation, detektionssystem, brandens startplats, lufttemperatur, luftfuktighet och lufttryck.
Omgivningen	Temperatur utanför byggnaden, lufttryck och vindförhållanden.
Branden	Här definieras bränslets förbränningssegenskaper i form av en effektkurva samt avbrinningshastighet. Det finns färdiga effektkurvor i CFAST, men det går också bra att skapa en egen.

Bilaga F. Beskrivning av CFD-programmet FDS

CFD (Computational Fluid Dynamics) är en benämning på ett antal beräkningsmetoder som kan användas för att approximativt få en lösning på bland annat Navier-Stokes ekvationer. CFD modellerna bygger på att man förenklar flödesekvationerna till enkla volymsintegrerade ekvationer. Detta utförs genom att den volym som skall simuleras delas upp i ett antal mindre delvolymmer (celler) där de förenklade flödesekvationerna används för att beräkna ett värde på variabler i delvolymens mittpunkt. Hur fint rutnätet görs, dvs. hur stora delvolymerna är, blir ofta en av de viktigaste parametrarna för att bedöma noggrannheten i simuleringen (Dittmer, T., Jämtäng, U, 2006).

FDS (Fire Dynamics Simulator) är en CFD kod som har utvecklats av National Institute of Standards and Technology (NIST) i USA. FDS bygger på en turbulensmodell som heter LES (Large Eddy Simulation). Den bygger på att flödesstrukturer större än cellerna beräknas direkt utifrån de grundläggande ekvationerna, medan de flödesstrukturer som är mindre än cellerna beräknas med en relativt enkel empirisk modell. Detta gör att rutnätet måste vara mycket fint för att en FDS simulering skall ge bra resultat (Dittmer, T., Jämtäng, U, 2006). Den version av FDS som använts i simuleringarna i denna rapport är FDS 4.

FDS använder en förbränningsmodell som kallas Mixture Fraction Model, vilken beräknar hur snabbt syre förbrukas och utnyttjar sedan att de flesta kolväten producerar en konstant värmeutveckling per förbrukad massenhet av syret (Dittmer, T., Jämtäng, U, 2006).

Resultaten från FDS kan grafiskt presenteras i resultathanteringsprogrammet Smokeview. Numeriska värden kan fås med ett antal olika metoder. Dock måste man ange vilken utdata man är intresserad av innan själva körningen startar (Forney, 2005).

En av fördelarna med FDS och andra CFD koder är att de kan användas för att simulera brandförlopp i rum med komplexa geometrier där en tvåzonsmodell inte är lämplig (se bilaga E). Nackdelen med FDS är att programmet är mycket datorkapacitetskrävande och simuleringarna tar ofta väldigt lång tid, dessutom ökar simuleringstiden då rutnätet förfinas.

Det har gjorts en mängd olika experiment för att kontrollera hur pass bra resultat som kan ges med CFD simuleringar (Dittmer, T., Jämtäng, U, 2006; Petersen, (2006)). En avgörande faktor för resultatet är hur fint rutnät som används i simuleringen. Utöver själva storleken på rutorna finns även andra kriterier som bör uppfyllas för att ge bra resultat (Forney, 2005):

1. Varje cell skall vara så nära kubisk som möjligt
2. Antalet celler i varje led skall kunna faktorerats ner i multiplar av 2, 3 och 5.
t.ex. $72 = 2^3 3^2$ är ett korrekt antal celler i en riktning.

Det är svårt att avgöra hur fint rutnät som behövs för att ge bra resultat. Ett sätt att kontrollera detta är att köra samma simulering två eller flera gånger. Varje simulering körs med olika antal celler. Stämmer resultaten bra överrens kan man anta att simuleringen är oberoende av cellstorleken och därmed har man använt en tillräckligt fint rutnät. Nackdelen med detta är att simuleringarna tar väldigt lång tid. En halvering av gridstorleken medför att simuleringstiden teoretiskt förlängs en faktor 16 (Dittmer, T., Jämtäng, U, 2006).

Utdata i FDS

Även om FDS räknar på de parametrar som påverkar brandförloppet och förhållandena i geometrin ges inte all denna som utdata. Det utdata man är intresserad av definieras man i scriptfilen innan körningen. Utdata som inte definierats kan inte heller fås ut, utan att simuleringen görs om. Det finns olika sätt att mäta de kvantiteter man är intresserad av. Man väljer utöver detta med vilka tidsintervall data skall skrivas. Data kan bland annat fås genom så kallade tvärsnittsbilder (slicefiles) och med termoelement (thermocouples). Slicefiles innebär att man får utdata i ett plan. Man kan välja att längdbegränsa denna, eller låta den gå genom hela geometrin. När data ur ett sådant plan plockas ut görs detta genom att FDS räknar ett tidsgenomsnitt över ett tidsintervall som användaren väljer. Fördelen med tvärsnittsbilder är att det är lätt att mäta förhållanden på flera platser genom förhållandevis enkel inmatning (Forney, 2005).

Termoelement mäter enbart en önskad kvantitet i just en punkt. Det går att sätta flera termoelement i samma punkt och man kan då mäta flera kvantiteter i samma punkt (Forney, 2005). Att mata in flera staplar med flera element kräver mycket text i indatafilen och är därmed mycket tidskrävande. Ett sätt att förenkla själva kodandet är att utnyttja funktionerna i kalkylprogrammet Microsoft Excel. Man låter helt enkelt programmet ändra t.ex. koordinaterna och klistrar sedan in texten i FDS-filen.

Tillförlitlighet

Då mängden indata i FDS är stor kan det vara svårt att avgöra hur vissa förenklingar påverkar resultatet. Ett sätt att prova detta är att köra samma simulering flera gånger, vid varje körning ändras vissa parametrar. Resultaten kan sedan jämföras och man kan då uttala sig om parametrarnas inverkan på resultatet. En faktor som har stor påverkan är hur själva rutnätet utformas (Dittmer, T., Jämtäng, U, 2006; Petersen (2006)). Att rummet just delas upp i celler är i sig en förenkling. Blir kuberna för stora blir förenklingen också väldigt stor. Ett fint rutnät är då att föredra. Problemet, som redan nämnts ovan, blir då att beräkningstiden blir väldigt lång. Speciellt då man minst måste köra flera separata körningar för att kunna säga något om resultaten. Stämmer resultaten överrens med olika cellstorlekar är körningarna oberoende av cellstorleken, något som varje CFD-simulering skall sträva efter. Det gäller dock att definiera vilken osäkerhet man kan acceptera. Resultaten kan variera betydligt mer på andra indata än just cellstorleken. Enligt Husted m.fl. ger dock ofta kuber med sidan 10 cm tillfredsställande resultat. (Bi-lagan Nr1 2003)

Scenariospecifik användning av FDS

I de FDS-simuleringar som används i denna rapport används FDS version 4. Simuleringarna utförs på ett s.k. kluster för att korta ner beräkningstiden. Ett kluster är ett nätverk av datorer som kan utföra beräkningar parallellt. Detta innebär att man låter flera processorer samtidigt beräkna olika delar av sin simulering. Klustret som används kallas Lunarc och utgörs av över 200 processorer, i de simuleringar som görs delas dock beräkningarna upp på mellan fyra och tretton processorer.

Klustersimuleringen beräknas korta ner simuleringstiden betydligt, speciellt då en uppdelning av simuleringen tillåter att man kan öka noggrannheten i simuleringen genom att förfina rutnätet utan att få omöjliga simuleringstider. Eftersom simuleringstiden bestäms av den mest beräkningstunga simuleringen bör man sträva efter att ha ungefär samma antal celler i varje del.

Simuleringarna utförs vardera två eller tre gånger. Mellan varje simulering förfinas rutnätet för att testa hur resultatet varierar. För varje simulering mäts temperatur, hastighet, syrehalt, kolmonoxidhalt, koldioxidhalt och siktförhållanden på olika platser.

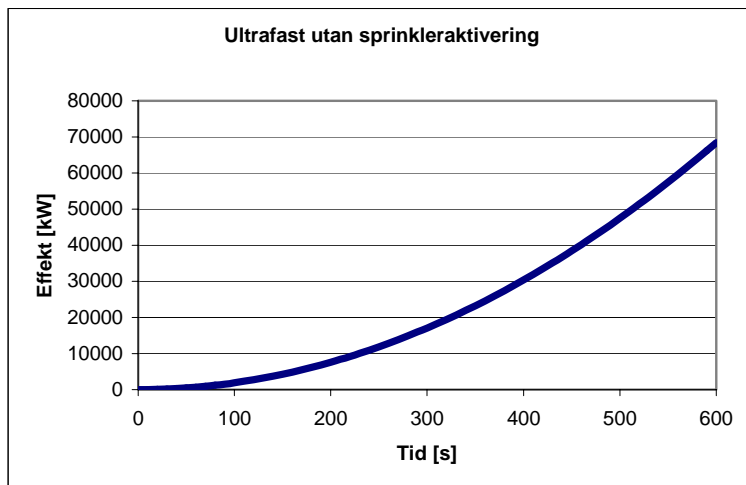
Varje parameter mäts i så kallade tvärsnittsbilder vilket innebär att mätningar sker längs ett snitt i en viss koordinat. Mätningarna sker vid vissa tidsintervall och under dessa görs ett genomsnitt. Mätningar var 10e sekund har här antagits ge tillräcklig noggrannhet. Indata för själva förbränningen har baserats på data från SFPE-handboken (Tewarson, 1998). Utöver tvärsnittsbilder mäts temperaturen med termoelement placerade på vissa platser i rummen.

Vid inmatning av geometrierna i FDS har vissa förenklingar gjorts för att tillfredsställa kraven som ställs på bl.a. cellstorlek för FDS-simuleringar. De väggar som ser onaturligt tjocka ut har det utseendet bara för att få en acceptabel gridutformning. Värmetransport genom väggarna beräknas som om de är betydligt tunnare. Den totala rumsvolymer i simuleringarna blir approximativt densamma som i verkligheten.

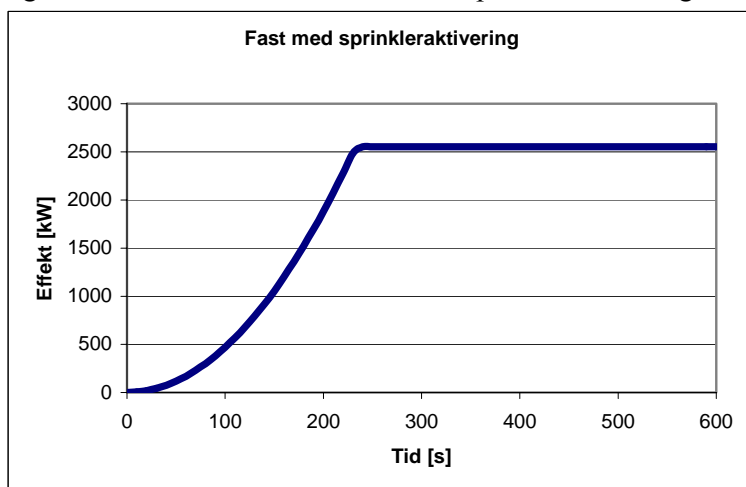
Allmänt om tolkning av utdata och bilder

Utdata jämförs med de kriterier för kritiska förhållanden som redogörs för i kapitel 6.1. Vissa resultat visas med hjälp av den visuella rökspridningsmodell som FDS skapar. I vanliga fall kan man definiera vissa objekt att vara genomskinliga, t.ex. taket, för att kunna se brandförloppet. Vid simulering på Lunarc-klustret måste dock samtliga färgdefinitioner ges med hjälp av RGB-koder. Alltså försvinner genomskinlighetsvalet, istället måste samtliga objekt visas med sina utkanter streckade. Objekt som i själva verket är solida visas därför även de som genomskinliga, vilket kan vara förvirrande. Rökspridningen visas dock korrekt.

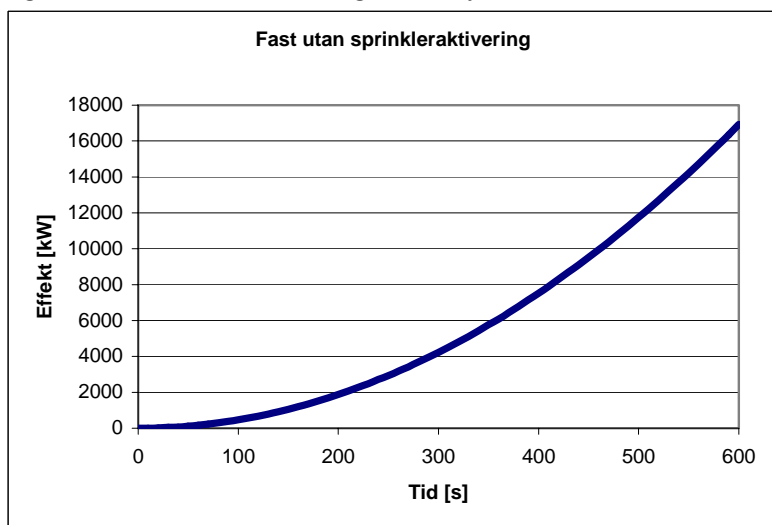
Bilaga G. Effektkurvor för känslighetsanalyser i förråd



Figur G.1. Alternativ effektkurva utan sprinkleraktivering.



Figur G.2. Effektkurva känslighetsanalys med fast brandtillväxt.



Figur 6.3. Effektkurva känslighetsanalys med fast brandtillväxt utan sprinkleraktivering.

Bilaga H. Beräkning av kolmonoxidhalten för Brand i förråd

För att beräkna kolmonoxidhalten i brandgaserna vid kritisk temperatur behöver man veta mängden kolmonoxid som bildas vid förbränning av ett ämne. Yields (gram kolmonoxid/gram förbränt bränsle) finns i SFPE-handboken (Tewarson, 1998) för olika ämnen. Brandgasernas volym är också en avgörande för hur stor koncentrationen i brandgaserna blir. Nedan visas de formler som används för att beräkna kolmonoxidhalten i brandgaserna vid en viss tidpunkt.

$$m_{CO} = Y_{CO} \cdot m_{bränsle}$$

$$V_{CO} = \frac{m_{CO}}{\rho_{CO}}$$

$$C_{CO} = \frac{V_{CO}}{V_{brandgaser}}$$

m_{CO} = massa bildad kolmonoxid [kg]

Y_{CO} = konstant för bildad kolmonoxid (kg CO/kg förbränt bränsle) [-]

$m_{bränsle}$ = massa förbränt bränsle [kg]

V_{CO} = Volymen bildad kolmonoxid [m^3]

ρ_{CO} = kolmonoxids densitet [kg/m^3]

C_{CO} = Koncentration kolmonoxid

$V_{brandgaser}$ = Total volym av brandgaserna vid aktuell tidpunkt [m^3]

Ett antagande görs att inga brandgaser har läkt ut i dispenseringen för att få en konservativ uppskattning av kolmonoxidhalten vid kritisk höjd. Yields för kolmonoxidhalten är beräknade från ett medelvärde för trä och PP/PE, vilka är material som plastpallar vanligen är gjorda av (Internetreferens 4,5,6 och 7). Det leder till följande yieldsberäkning. Värdena är hämtade från SFPE-handboken (Tewarson, 1998).

$$Y_{CO} (\text{Trä}) = 0,0043 \text{ (g/g)}$$

$$Y_{CO} (\text{PP}) = 0,024 \text{ (g/g)}$$

$$(0,0043 + 0,024)/2 = 0,01415 \text{ (g/g)}$$

Tabell H.1. Sammanfattning av beräkningar

	Ultrafast med sprinkler	Ultrafast utan sprinkler	Fast med sprinkler	Fast utan sprinkler
Kritisk tid för brandgaslagrets höjd (s)	238	204	352	303
Förbränd massa vid kritisk höjd (kg)	18,8	17,9	16,7	14,5
Brandgasernas volym vid kritisk höjd (m^3)	3618	3618	3618	3618
Koncentration CO (ppm)	64	61	57	50

Bilaga I. Siktberäkningar för Brand i förråd

För att beräkna sikten genom brandgaserna vid en viss tid behöver man veta mängden kolmonoxid som bildas vid förbränning av ett ämne. Yields (gram sot/gram förbränt bränsle) finns i SFPE-handboken (Tewarson, 1998) för olika ämnen. En annan viktig faktor är POD. POD kan ha olika värde beroende på om det är en flammande eller sotande brand. Det har antagits att branden är flammande i scenariot. Brandgasernas volym är också en avgörande för hur bra sikten genom brandgaserna blir. Nedan visas de formler som används för att beräkna sikten genom brandgaserna vid en viss tidpunkt.

$$D_L = \frac{\ln 10}{sikt(m)}$$

$$D_0 = D_L \cdot \frac{V}{m}$$

$$D_0 = POD \cdot y_s$$

D_L = Optisk densitet per meter [m^{-1}]

D_0 = Rökpotential [m^2/g]

V = Brandgasernas volym [m^3]

m = Massan förbränt ämne [g]

POD = Particulate Optical Density (7,6 m^2/g för flambrand)

y_s = Yield sot för det förbrända ämnet [-]

Ett antagande görs att inga brandgaser har läkt ut i dispenseringen för att få en konservativ uppskattning av sikten vid kritisk höjd. Yields för sot är beräknade från ett medelvärde för trä och PP/PE, vilka är material som plastkuglar vanligen är gjorda av (Internetreferens 4,5,6 och 7). Det leder till följande yieldsberäkning. Värdena är hämtade från SFPE-handboken (Tewarson, 1998).

$$y_s (\text{Trä}) = 0,015 \text{ (g/g)}$$

$$y_s (\text{PP}) = 0,059 \text{ (g/g)}$$

$$(0,015 + 0,059)/2 = 0,037 \text{ (g/g)}$$

Tabell J.1. Sammanfattning av beräkningar

	Ultrafast med sprinkler	Ultrafast utan sprinkler	Fast med sprinkler	Fast utan sprinkler
Kritisk tid för brandgaslagrets höjd (s)	238	204	352	303
Förbränd massa vid kritisk höjd (kg)	18,8	17,9	16,7	14,5
Brandgasernas volym vid kritisk höjd (m^3)	3618	3618	3618	3618
Sikt genom brandgaslagret (meter)	1,57	1,65	1,77	2,04

Bilaga J. Siktberäkningar vid sprinkleraktivering

När sprinkler aktiveras finns möjligheten att brandgaserna blir väl omblandade och försämrar sikten vid utrymning. Sikten i brandrummet får vid utrymning inte understiga 5 meter (Brandteknik, 2005). Beräkningarna har utförts med samma formler och antaganden som för siktberäkningarna i bilaga I. Ett ytterligare antagande som görs i dessa beräkningar är att alla brandgaser stannar i brandrummet.

Först har massan avbrunnet bränsle som behövs för att ge sikten 5 meter räknats ut. Därefter har tiden till att motsvarande vikt bränsle förbränts räknats ut utifrån den givna effektkurvan för respektive scenario. Nedan visas de formler som används för att beräkna sikten genom brandgaserna vid en viss tidpunkt. Beräkningar och resultat från dessa kan ses nedan och i tabell J.1. Indata i beräkningarna är hämtade från SFPE-handboken (Tewarson, 1998).

$$D_L = \frac{\ln 10}{sikt(m)}$$

$$D_0 = D_L \cdot \frac{V}{m}$$

$$D_0 = POD \cdot y_s$$

D_L = Optisk densitet per meter [m^{-1}]

D_0 = Rökpotential [m^2/g]

V = Brandgasernas volym [m^3] I detta fall är brandgasernas volym densamma som rummets volym eftersom de antas vara väl omblandade.

m = Massan förbränt ämne [g]

POD = Particulate Optical Density (7,6 m^2/g för flambrand)

y_s = Yield sot för det förbrända ämnet [-]

y_s (Trä) = 0,015 (g/g)

y_s (PP) = 0,059 (g/g)

Förbränningsenergierna för de olika bränslena antas vara samma som i bilaga B, dvs. 20

MJ/kg för material i förråd och 15 MJ/kg för material i förpackning 1 och 2.

Uf = ultrafast

F = fast

M = medium

$$\text{Förbränd energi vid sprinkleraktivering} = \int_0^t \alpha \cdot t^2 dt = \left[\frac{\alpha \cdot t^3}{3} \right]_0^t$$

Tabell J.1. Tid till att sikten understiger fem meter vid väl omblandat fall.

	Volym (m^3)	Förbränd massa vid fem meter sikt (kg)	Tid till sikt < 5 m
Brand i förråd (Uf)	3618	8,5	160 s (2,5 min)
Brand i förråd (F)	3618	8,5	255 s (4 min)
Brand i förp.1 (F)	5057	20,4	328 s (5,5 min)
Brand i förp.1 (M)	5057	20,4	503 s (8,5 min)
Brand i förp.2 (F)	6642	26,8	397 s (6,5 min)
Brand i förp.2 (M)	6642	26,8	600 s (10 min)

Bilaga K. Brandgasspridning via T-system i förrådet till dispenseringen

Beräkning har utförts enligt en enkel metod för att räkna på brandgasspridning i T-system (Jensen, 2002).

Ventilationsflöde:

Ventilationsflödet är baserat på luftomsättningar som givits av Peter Kekkonen vid AstraZeneca.

I förrådet så är ventilationssystemet dimensionerat för cirka 2-5 omsättningar per timme. För ett värsta fall i beräkningarna har antagits att det är två luftomsättningar per timme. I ett bästa fall är det fem luftomsättningar per timme. Det ger följande flöde:

$$\text{Luftvolym} = 19 * 34 * 8 = 5168 \text{ m}^3$$

Totala ventilationsflödet till lokalen, q_n :

$$\text{Sämsta fallet: } q_n = 5168 \text{ m}^3 * 2 \text{ oms/h} = 10336 \text{ m}^3/\text{h} \text{ eller } 2,87 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Bästa fallet: } q_n = 5168 \text{ m}^3 * 5 \text{ oms/h} = 25840 \text{ m}^3/\text{h} \text{ eller } 7,18 \text{ m}^3/\text{s}$$

Fasadläckage:

Läckageflöde har antagits till 1,6 liter/m²s.

Läckageytorna är beräknade på väggarna i förrådet.

$$(34 * 8 * 2) \text{ m} + (19 * 8 * 2) \text{ m} = 848 \text{ m}^2$$

$$q_l = 848 \text{ m}^2 * 0,0016 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{s} = 1,36 \text{ m}^3/\text{s}$$

Frånluftsflöde:

Antag att tryckfallen för lokalens ventilationsgren för frånluft och tilluft är lika stora.

Då kan brandflödet, q_{bi} , räknas ut.

$$q_{bi} = q_n * ((p_r + p_t)/p_f)^{0,5}$$

$$\text{Sämsta fallet ger: } 4,06 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Bästa fallet ger: } 10,15 \text{ m}^3/\text{s}$$

Lägg ihop läckageflöde och brandflöde så får man gränsfallet.

$$q_{bi} + q_l = \text{Gränsfallet}$$

$$\text{Sämsta fallet ger: } 5,42 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Bästa fallet ger: } 11,51 \text{ m}^3/\text{s}$$

Enligt tumregeln motsvarar 1 m³/s ungefär en brandeffekt på en MW. Det skulle betyda att när brandeffekten överskrider 5,42 MW kan brandgasspridning ske via T-systemet i sämsta fallet.

En brand som tillväxer med ultrafast tillväxt når en effekt på 5,42 MW efter ungefär tre minuter om inte sprinkler aktiveras. En brand som tillväxer med fast tillväxt når samma effekt efter cirka 5,5 minuter under förutsättning att sprinkler inte aktiveras.

Bilaga L. Indatafil till FDS-simulering av brand i förråd

&HEAD CHID='lager',TITLE='lager' /

*** Uppdelning av rutnät

&GRID IBAR=25,JBAR=15,KBAR=24 / Del 1

&PDIM XBAR0=0.8,XBAR=10.8,YBAR0=0.0,YBAR=6.0,ZBAR=9.6 /

&GRID IBAR=27,JBAR=15,KBAR=24 / Del 2

&PDIM XBAR0=10.8,XBAR=21.6,YBAR0=0.0,YBAR=6.0,ZBAR=9.6 /

&GRID IBAR=27,JBAR=15,KBAR=24 / Del 3

&PDIM XBAR0=0.0,XBAR=10.8,YBAR0=6.0,YBAR=12.0,ZBAR=9.6 /

&GRID IBAR=27,JBAR=30,KBAR=48 / Del 4

&PDIM XBAR0=10.8,XBAR=16.2,YBAR0=6.0,YBAR=12.0,ZBAR=9.6 /

&GRID IBAR=15,JBAR=15,KBAR=24 / Del 5

&PDIM XBAR0=16.0,XBAR=22.0,YBAR0=6.0,YBAR=12.0,ZBAR=9.6 /

&GRID IBAR=25,JBAR=15,KBAR=24 / Del 6

&PDIM XBAR0=0.8,XBAR=10.8,YBAR0=12.0,YBAR=18.0,ZBAR=9.6 /

&GRID IBAR=27,JBAR=15,KBAR=24 / Del 7

&PDIM XBAR0=10.8,XBAR=21.6,YBAR0=12.0,YBAR=18.0,ZBAR=9.6 /

&GRID IBAR=25,JBAR=15,KBAR=24 / Del 8

&PDIM XBAR0=0.8,XBAR=10.8,YBAR0=18.0,YBAR=24.0,ZBAR=9.6 /

&GRID IBAR=27,JBAR=15,KBAR=24 / Del 9

&PDIM XBAR0=10.8,XBAR=21.6,YBAR0=18.0,YBAR=24.0,ZBAR=9.6 /

&GRID IBAR=25,JBAR=15,KBAR=24 / Del 10

&PDIM XBAR0=0.8,XBAR=10.8,YBAR0=24.0,YBAR=30.0,ZBAR=9.6 /

&GRID IBAR=27,JBAR=15,KBAR=24 / Del 11

&PDIM XBAR0=10.8,XBAR=21.6,YBAR0=24.0,YBAR=30.0,ZBAR=9.6 /

&GRID IBAR=25,JBAR=15,KBAR=24 / Del 12

&PDIM XBAR0=0.8,XBAR=10.8,YBAR0=30.0,YBAR=36.0,ZBAR=9.6 /

&GRID IBAR=27,JBAR=15,KBAR=24 / Del 13

&PDIM XBAR0=10.8,XBAR=21.6,YBAR0=30.0,YBAR=36.0,ZBAR=9.6 /

&TIME TWFIN=600.0,SYNCHRONIZE=.TRUE. /

Körs 10 minuter. Processorerna synkroniserar sig med varandra under körningen

&MISC REACTION='WOOD', SURF_DEFAULT='GYPSUM BOARD', RADIATION=.TRUE. /

Sätter vad som brinner och standardmaterial i väggar. Strålningsberäkningar görs

&SURF ID='BRAND',HRRPUA=3994.75 RAMP_Q='EFFEKTURVA' /

Effekturvan, ökar upp till 145 sekunder, därefter konstant.

&RAMP	ID='EFFEKTURVA',	T=0	,F=	0.00	/
&RAMP	ID='EFFEKTURVA',	T=10	,F=	0.00	/
&RAMP	ID='EFFEKTURVA',	T=20	,F=	0.02	/
&RAMP	ID='EFFEKTURVA',	T=30	,F=	0.04	/
&RAMP	ID='EFFEKTURVA',	T=40	,F=	0.08	/

&RAMP	ID='EFFEKTURVA',	T=50	,F=	0.12	/
&RAMP	ID='EFFEKTURVA',	T=60	,F=	0.17	/
&RAMP	ID='EFFEKTURVA',	T=70	,F=	0.23	/
&RAMP	ID='EFFEKTURVA',	T=80	,F=	0.30	/
&RAMP	ID='EFFEKTURVA',	T=90	,F=	0.39	/
&RAMP	ID='EFFEKTURVA',	T=100	,F=	0.48	/
&RAMP	ID='EFFEKTURVA',	T=110	,F=	0.58	/
&RAMP	ID='EFFEKTURVA',	T=120	,F=	0.68	/
&RAMP	ID='EFFEKTURVA',	T=130	,F=	0.80	/
&RAMP	ID='EFFEKTURVA',	T=140	,F=	0.93	/
&RAMP	ID='EFFEKTURVA',	T=145	,F=	1.00	/
&RAMP	ID='EFFEKTURVA',	T=600	,F=	1.00	/

&SURF ID = 'CONCRETE'
FYI = 'Thermally Thick Material'
RGB = 0.37,0.37,0.37
KS = 1.0
C_P = 0.88
DENSITY = 2000
DELTA = 0.5 /

materialegenskaper för betongväggar

&SURF ID = 'GYPSUM BOARD'
FYI = 'Quintiere, Fire Behavior'
RGB = 0.50,0.50,0.50
KS = 0.48
C_P = 0.84
DENSITY= 1440.
DELTA = 0.100 /

materialegenskaper för gipsväggar

&REAC ID='WOOD'
FYI='Ritchie, et al., 5th IAFSS, C_3.4 H_6.2 O_2.5'
SOOT_YIELD = 0.015
NU_O2 = 3.7
NU_CO2 = 3.4
NU_H2O = 3.1
MW_FUEL = 87.
EPUMO2 = 11020.
CO_YIELD = 0.0043
RADIATIVE_FRACTION = 0.3 /

brandens egenskaper

*** Yterväggar

&OBST XB=0.8,21.6,0.0,0.4,0.4,8.4 /

&OBST XB=20.8,21.6,0.4,6.0,0.4,8.4 /

&OBST XB=20.8,22.0,6.0,8.4,0.4,8.4 /

&OBST XB=20.8,21.6,11.6,32.0,0.4,8.4 /

&OBST XB=0.0,21.6,35.6,36.0,0.4,8.4 /

&OBST XB=0.8,1.2,3.6,32.0,0.4,8.4 /

&OBST XB=21.6,22.0,11.6,12.0,0.4,8.4 / kompletterande vägg vid dörr 4

*** Vägg över dörr

&OBST XB=0.8,1.2,0.4,3.6,4.0,8.4 /

&OBST XB=0.8,1.2,32.0,35.6,4.0,8.4 /

&OBST XB=20.8,21.6,32.0,35.6,4.0,8.4 /

&OBST XB=20.8,22.0,8.0,11.6,4.0,8.4 /

*** Tak

&OBST SURF_ID='CONCRETE' XB=0.8,21.6,0.0,36.0,8.4,9.6 /

*** Golv

&OBST SURF_ID='CONCRETE' XB=0.8,21.6,0.0,36.0,0.0,0.4 /

&OBST SURF_ID='CONCRETE' XB=21.6,22.0,6.0,12.0,0.0,0.4 /

*** Brasa

&OBST XB=9.0,10.0,8.0,9.0,0.4,1.4 SURF_IDS='BRAND','INERT','INERT' /

*** Öppningar

&VENT XB=0.8,0.8,0.4,3.6,0.4,4.0 SURF_ID='OPEN' RGB=0.0,0.0,1.0 /

&VENT XB=0.8,0.8,32.0,35.6,0.4,4.0 SURF_ID='OPEN' RGB=0.0,0.0,1.0 /

&VENT XB=21.6,21.6,32.0,35.6,0.4,4.0 SURF_ID='OPEN' RGB=0.0,0.0,1.0 T_CLOSE=80 /

Stänger efter 80 sekunder

&VENT XB=22.0,22.0,8.0,11.6,0.4,4.0 SURF_ID='OPEN' RGB=0.0,0.0,1.0 T_CLOSE=80 /

Stänger efter 80 sekunder

*** Utdata i slicefiles (plandata)

-- Tvärsnitt i X-led

&SLCF PBX=3.0 QUANTITY='TEMPERATURE' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=3.0 QUANTITY='VELOCITY' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=3.0 QUANTITY='oxygen' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=3.0 QUANTITY='carbon monoxide' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=3.0 QUANTITY='carbon dioxide' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=3.0 QUANTITY='visibility' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=6.0 QUANTITY='TEMPERATURE' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=6.0 QUANTITY='VELOCITY' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=6.0 QUANTITY='oxygen' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=6.0 QUANTITY='carbon monoxide' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=6.0 QUANTITY='carbon dioxide' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=6.0 QUANTITY='visibility' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=9.0 QUANTITY='TEMPERATURE' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=9.0 QUANTITY='VELOCITY' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=9.0 QUANTITY='oxygen' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=9.0 QUANTITY='carbon monoxide' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=9.0 QUANTITY='carbon dioxide' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=9.0 QUANTITY='visibility' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=9.4 QUANTITY='TEMPERATURE' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=9.4 QUANTITY='VELOCITY' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=9.4 QUANTITY='oxygen' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=9.4 QUANTITY='carbon monoxide' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=9.4 QUANTITY='carbon dioxide' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=9.4 QUANTITY='visibility' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=12.0 QUANTITY='TEMPERATURE' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=12.0 QUANTITY='VELOCITY' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=12.0 QUANTITY='oxygen' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=12.0 QUANTITY='carbon monoxide' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=12.0 QUANTITY='carbon dioxide' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=12.0 QUANTITY='visibility' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=15.0 QUANTITY='TEMPERATURE' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=15.0 QUANTITY='VELOCITY' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=15.0 QUANTITY='oxygen' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=15.0 QUANTITY='carbon monoxide' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=15.0 QUANTITY='carbon dioxide' DTSAM=10 /
&SLCF PBX=15.0 QUANTITY='visibility' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=18.0 QUANTITY='TEMPERATURE' DTSAM=10 /
&SLCF PBX=18.0 QUANTITY='VELOCITY' DTSAM=10 /
&SLCF PBX=18.0 QUANTITY='oxygen' DTSAM=10 /
&SLCF PBX=18.0 QUANTITY='carbon monoxide' DTSAM=10 /
&SLCF PBX=18.0 QUANTITY='carbon dioxide' DTSAM=10 /
&SLCF PBX=18.0 QUANTITY='visibility' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=20.0 QUANTITY='TEMPERATURE' DTSAM=10 /
&SLCF PBX=20.0 QUANTITY='VELOCITY' DTSAM=10 /
&SLCF PBX=20.0 QUANTITY='oxygen' DTSAM=10 /
&SLCF PBX=20.0 QUANTITY='carbon monoxide' DTSAM=10 /
&SLCF PBX=20.0 QUANTITY='carbon dioxide' DTSAM=10 /
&SLCF PBX=20.0 QUANTITY='visibility' DTSAM=10 /

--- Tvärsnitt i y-led

&SLCF PBY=3.0 QUANTITY='TEMPERATURE' DTSAM=10 /
&SLCF PBY=3.0 QUANTITY='VELOCITY' DTSAM=10 /
&SLCF PBY=3.0 QUANTITY='oxygen' DTSAM=10 /
&SLCF PBY=3.0 QUANTITY='carbon monoxide' DTSAM=10 /
&SLCF PBY=3.0 QUANTITY='carbon dioxide' DTSAM=10 /
&SLCF PBY=3.0 QUANTITY='visibility' DTSAM=10 /

&SLCF PBY=8.6 QUANTITY='TEMPERATURE' DTSAM=10 /
&SLCF PBY=8.6 QUANTITY='VELOCITY' DTSAM=10 /
&SLCF PBY=8.6 QUANTITY='oxygen' DTSAM=10 /
&SLCF PBY=8.6 QUANTITY='carbon monoxide' DTSAM=10 /
&SLCF PBY=8.6 QUANTITY='carbon dioxide' DTSAM=10 /
&SLCF PBY=8.6 QUANTITY='visibility' DTSAM=10 /

&SLCF PBY=9.0 QUANTITY='TEMPERATURE' DTSAM=10 /
&SLCF PBY=9.0 QUANTITY='VELOCITY' DTSAM=10 /
&SLCF PBY=9.0 QUANTITY='oxygen' DTSAM=10 /
&SLCF PBY=9.0 QUANTITY='carbon monoxide' DTSAM=10 /
&SLCF PBY=9.0 QUANTITY='carbon dioxide' DTSAM=10 /
&SLCF PBY=9.0 QUANTITY='visibility' DTSAM=10 /

&SLCF PBY=15.0 QUANTITY='TEMPERATURE' DTSAM=10 /
&SLCF PBY=15.0 QUANTITY='VELOCITY' DTSAM=10 /
&SLCF PBY=15.0 QUANTITY='oxygen' DTSAM=10 /
&SLCF PBY=15.0 QUANTITY='carbon monoxide' DTSAM=10 /
&SLCF PBY=15.0 QUANTITY='carbon dioxide' DTSAM=10 /
&SLCF PBY=15.0 QUANTITY='visibility' DTSAM=10 /

&SLCF PBY=21.0 QUANTITY='TEMPERATURE' DTSAM=10 /
&SLCF PBY=21.0 QUANTITY='VELOCITY' DTSAM=10 /
&SLCF PBY=21.0 QUANTITY='oxygen' DTSAM=10 /
&SLCF PBY=21.0 QUANTITY='carbon monoxide' DTSAM=10 /
&SLCF PBY=21.0 QUANTITY='carbon dioxide' DTSAM=10 /
&SLCF PBY=21.0 QUANTITY='visibility' DTSAM=10 /

&SLCF PBY=27.0 QUANTITY='TEMPERATURE' DTSAM=10 /
&SLCF PBY=27.0 QUANTITY='VELOCITY' DTSAM=10 /
&SLCF PBY=27.0 QUANTITY='oxygen' DTSAM=10 /
&SLCF PBY=27.0 QUANTITY='carbon monoxide' DTSAM=10 /
&SLCF PBY=27.0 QUANTITY='carbon dioxide' DTSAM=10 /
&SLCF PBY=27.0 QUANTITY='visibility' DTSAM=10 /

&SLCF PBY=33.0 QUANTITY='TEMPERATURE' DTSAM=10 /
&SLCF PBY=33.0 QUANTITY='VELOCITY' DTSAM=10 /
&SLCF PBY=33.0 QUANTITY='oxygen' DTSAM=10 /
&SLCF PBY=33.0 QUANTITY='carbon monoxide' DTSAM=10 /
&SLCF PBY=33.0 QUANTITY='carbon dioxide' DTSAM=10 /
&SLCF PBY=33.0 QUANTITY='visibility' DTSAM=10 /

*** *Boundary files*

&BNDF QUANTITY='HEAT_FLUX' /
&BNDF QUANTITY='GAUGE_HEAT_FLUX' /
&BNDF QUANTITY='WALL_TEMPERATURE' /
&BNDF QUANTITY='CONVECTIVE_FLUX' /
&BNDF QUANTITY='RADIATIVE_FLUX' /

*** *Mitt i rummet*

&THCP XYZ=8,0,21,0,0,4 QUANTITY='TEMPERATURE' LABEL='mitt i' DTSAM=10 /
&THCP XYZ=8,0,21,0,0,4 QUANTITY='VELOCITY' LABEL='mitt i' DTSAM=10 /
&THCP XYZ=8,0,21,0,8,0 QUANTITY='TEMPERATURE' LABEL='mitt i' DTSAM=10 /
&THCP XYZ=8,0,21,0,8,0 QUANTITY='VELOCITY' LABEL='mitt i' DTSAM=10 /
Övriga mätpunkter har här tagits bort på grund av utrymmesskäl. Termoelementen är dock placerade med 50 centimeter centimeters mellanrum

*** *Dörr 1*

&THCP XYZ=0,8,2,0,0,4 QUANTITY='TEMPERATURE' LABEL='Dörr1' DTSAM=10 /
&THCP XYZ=0,8,2,0,0,4 QUANTITY='VELOCITY' LABEL='Dörr1' DTSAM=10 /
&THCP XYZ=0,8,2,0,8,0 QUANTITY='TEMPERATURE' LABEL='Dörr1' DTSAM=10 /
&THCP XYZ=0,8,2,0,8,0 QUANTITY='VELOCITY' LABEL='Dörr1' DTSAM=10 /
Övriga mätpunkter har här tagits bort på grund av utrymmesskäl. Termoelementen är dock placerade med 50 centimeter centimeters mellanrum

*** *Dörr2*

&THCP XYZ=0,8,33,8,0,4 QUANTITY='TEMPERATURE' LABEL='Dörr2' DTSAM=10 /
&THCP XYZ=0,8,33,8,0,4 QUANTITY='VELOCITY' LABEL='Dörr2' DTSAM=10 /
&THCP XYZ=0,8,33,8,8,0 QUANTITY='TEMPERATURE' LABEL='Dörr2' DTSAM=10 /
&THCP XYZ=0,8,33,8,8,0 QUANTITY='VELOCITY' LABEL='Dörr2' DTSAM=10 /
Övriga mätpunkter har här tagits bort på grund av utrymmesskäl. Termoelementen är dock placerade med 50 centimeter centimeters mellanrum

&TAIL

Bilaga M. Indatafil till FDS-simulering av förpackning 1

&HEAD CHID='Forpackning1THCP', TITLE='Forpackning del 1 THCP' /

*** Uppdelning av rutnät

&GRID IBAR=80,JBAR=24,KBAR=30 / Del 1

&PDIM XBAR0=20.4,XBAR=36.4,YBAR0=18,YBAR=22.8,ZBAR=6.0 /

&GRID IBAR=40,JBAR=9,KBAR=15 / Del 2

&PDIM XBAR0=20.4,XBAR=36.4,YBAR0=14.4,YBAR=18,ZBAR=6.0 /

&GRID IBAR=15,JBAR=24,KBAR=15 / Del 3.1

&PDIM XBAR0=14.4,XBAR=20.4,YBAR0=14.4,YBAR=24.0,ZBAR=6.0 /

&GRID IBAR=20,JBAR=24,KBAR=15 / Del 3.2

&PDIM XBAR0=36.4,XBAR=44.4,YBAR0=14.4,YBAR=24.0,ZBAR=6.0 /

&GRID IBAR=36,JBAR=12,KBAR=15 / Del 4

&PDIM XBAR0=0,XBAR=14.4,YBAR0=14.4,YBAR=19.2,ZBAR=6.0 /

&GRID IBAR=30,JBAR=10,KBAR=15 / Del 5

&PDIM XBAR0=44.4,XBAR=52.8,YBAR0=14.4,YBAR=18.4,ZBAR=6.0 /

&GRID IBAR=48,JBAR=36,KBAR=15 / Del 6

&PDIM XBAR0=0,XBAR=19.2,YBAR0=0,YBAR=14.4,ZBAR=6.0 /

&GRID IBAR=48,JBAR=36,KBAR=15 / Del 7

&PDIM XBAR0=19.2,XBAR=38.4,YBAR0=0,YBAR=14.4,ZBAR=6.0 /

&GRID IBAR=36,JBAR=36,KBAR=15 / Del 8

&PDIM XBAR0=38.4,XBAR=52.8,YBAR0=0,YBAR=14.4,ZBAR=6.0 /

&TIME TWFIN=600.0,SYNCHRONIZE=.TRUE. /

Körs 10 minuter. Processorerna synkroniserar sig med varandra under körningen

&MISC REACTION='WOOD', SURF_DEFAULT='GYPSUM BOARD', RADIATION=.TRUE. /

Sätter vad som brinner och standardmaterial i väggar. Strålningsberäkningar görs

&SURF ID='BRAND',HRRPUA=242.6 RAMP_Q='EFFEKTURVA' /

Effektkurvan, ökar upp till 180 sekunder, därefter konstant.

&RAMP	ID='EFFEKTURVA', T=0	,F=0.00	/
&RAMP	ID='EFFEKTURVA', T=10	,F=0.00	/
&RAMP	ID='EFFEKTURVA', T=20	,F=0.01	/
&RAMP	ID='EFFEKTURVA', T=30	,F=0.03	/
&RAMP	ID='EFFEKTURVA', T=40	,F=0.05	/
&RAMP	ID='EFFEKTURVA', T=50	,F=0.08	/
&RAMP	ID='EFFEKTURVA', T=60	,F=0.12	/
&RAMP	ID='EFFEKTURVA', T=70	,F=0.16	/
&RAMP	ID='EFFEKTURVA', T=80	,F=0.21	/
&RAMP	ID='EFFEKTURVA', T=90	,F=0.26	/
&RAMP	ID='EFFEKTURVA', T=100	,F=0.32	/
&RAMP	ID='EFFEKTURVA', T=110	,F=0.39	/
&RAMP	ID='EFFEKTURVA', T=120	,F=0.46	/
&RAMP	ID='EFFEKTURVA', T=130	,F=0.55	/
&RAMP	ID='EFFEKTURVA', T=140	,F=0.63	/
&RAMP	ID='EFFEKTURVA', T=150	,F=0.73	/
&RAMP	ID='EFFEKTURVA', T=160	,F=0.83	/

&RAMP ID='EFFEKTURVA', T=170 ,F=0.93 /
&RAMP ID='EFFEKTURVA', T=180 ,F=1.00 /
&RAMP ID='EFFEKTURVA', T=600 ,F=1.00 /

&SURF ID = 'CONCRETE'
FYI = 'Thermally Thick Material'
RGB = 0.37,0.37,0.37
KS = 1.0
C_P = 0.88
DENSITY = 2000
DELTA = 0.5 /

materialegenskaper för betongväggar

&SURF ID = 'GYPSUM BOARD'
FYI = 'Quintiere, Fire Behavior'
RGB = 0.50,0.50,0.50
KS = 0.48
C_P = 0.84
DENSITY= 1440.
DELTA = 0.100 /

materialegenskaper för gipsväggar

&REAC ID='WOOD'
FYI='Ritchie, et al., 5th IAFSS, C_3.4 H_6.2 O_2.5'
SOOT_YIELD = 0.015
NU_O2 = 3.7
NU_CO2 = 3.4
NU_H2O = 3.1
MW_FUEL = 87.
EPUMO2 = 11020.
CO_YIELD = 0.0043
RADIATIVE_FRACTION = 0.3 /

brandens egenskaper

****Innerväggar (vänster till höger)*

&OBST XB=0.0,0.4,0.4,14.4,0.4,5.2 / Vänstervägg
&OBST RGB=0.0,0.5,0.25 XB=6.4,6.8,0.4,14.4,0.4,2.8 /
&OBST RGB=0.0,0.5,0.25 XB=12.8,13.2,0.4,14.4,0.4,2.8 /

&OBST RGB=0.0,0.5,0.25 XB=19.2,19.6,0.4,14.4,0.4,2.8 /
&OBST RGB=0.0,0.5,0.25 XB=25.2,25.6,0.4,14.4,0.4,2.8 /
&OBST RGB=0.0,0.5,0.25 XB=31.6,32.0,0.4,14.4,0.4,2.8 /
&OBST RGB=0.0,0.5,0.25 XB=38.0,38.4,0.4,14.4,0.4,2.8 /

&OBST RGB=0.0,0.5,0.25 XB=43.6,44.0,0.4,14.4,0.4,5.2 /
&OBST RGB=0.0,0.5,0.25 XB=46.0,46.4,0.4,14.4,0.4,5.2 /
&OBST XB=52.4,52.8,0.4,14.4,0.4,5.2 / Högervägg

**** Pelare från innerväggar till tak*

&OBST RGB=0.0,0.5,0.25 XB=6.4,6.8,14.0,14.4,2.8,5.2 /
&OBST RGB=0.0,0.5,0.25 XB=12.8,13.2,14.0,14.4,2.8,5.2 /

&OBST RGB=0.0,0.5,0.25 XB=19.2,19.6,14.0,14.4,2.8,5.2 /
&OBST RGB=0.0,0.5,0.25 XB=25.2,25.6,14.0,14.4,2.8,5.2 /
&OBST RGB=0.0,0.5,0.25 XB=31.6,32.0,14.0,14.4,2.8,5.2 /
&OBST RGB=0.0,0.5,0.25 XB=38.0,38.4,14.0,14.4,2.8,5.2 /

**** Ytterväggar*

&OBST XB=0.0,52.8,0.0,0.4,0.4,5.2 / Vägg1
&OBST XB=0.0,14.4,18.4,19.2,0.4,5.2 / Vägg2

&OBST XB=14.4,14.8,18.4,22.8,0.4,5.2 /Vägg3
&OBST XB=14.8,45.2,22.4,24.0,0.4,5.2 /vägg4
&OBST XB=44.4,44.8,18,22.4,0.4,5.2 /vägg5
&OBST XB=44.4,52.8,18.0,18.4,0.4,5.2 /Vägg6

*** Tak

&OBST SURF_ID='CONCRETE' XB=20.4,36.4,18,22.8,5.2,6.0 / Rum 1
&OBST SURF_ID='CONCRETE' XB=20.4,36.4,14.4,18,5.2,6.0 / Rum 2
&OBST SURF_ID='CONCRETE' XB=14.4,20.4,14.4,22.8,5.2,6.0 / Rum 3.1
&OBST SURF_ID='CONCRETE' XB=36.4,44.4,14.4,22.8,5.2,6.0 / Rum 3.2
&OBST SURF_ID='CONCRETE' XB=0,14.4,14.4,19.2,5.2,6.0 / Rum 4
&OBST SURF_ID='CONCRETE' XB=44.4,52.8,14.4,18.4,5.2,6.0 / Rum 5
&OBST SURF_ID='CONCRETE' XB=0.0,53.2,0.0,14.4,5.2,6.0 / Tak över rum 6,7,8

*** Golv

&OBST SURF_ID='CONCRETE' XB=20.4,36.4,18,22.8,0.0,0.4 / Rum 1
&OBST SURF_ID='CONCRETE' XB=20.4,36.4,14.4,18,0.0,0.4 / Rum 2
&OBST SURF_ID='CONCRETE' XB=14.4,20.4,14.4,22.8,0.0,0.4 / Rum 3.1
&OBST SURF_ID='CONCRETE' XB=36.4,44.4,14.4,22.8,0.0,0.4 / Rum 3.2
&OBST SURF_ID='CONCRETE' XB=0,14.4,14.4,19.2,0.0,0.4 / Rum 4
&OBST SURF_ID='CONCRETE' XB=44.4,52.8,14.4,18.4,0.0,0.4 / Rum 5
&OBST SURF_ID='CONCRETE' XB=0.0,53.2,0.0,14.4,0.0,0.4 / Tak över rum 6,7,8

*** Brasa

&OBST XB=29.0,32.0,20.0,22.0,0.4,1.4 SURF_IDS='BRAND','INERT','INERT' /

*** Öppningar

&VENT XB=0.0,0.0,14.4,18.4,0.4,5.2 SURF_ID='OPEN' RGB=0.0,0.0,1.0 / Vänster sida

&HOLE XB=44.0,46.0,0.0,0.4,0.4,5.2 /

&VENT XB=44.0,46.0,0.0,0.0,0.4,5.2 SURF_ID='OPEN' RGB=0.0,0.0,1.0 / Nere

&VENT XB=52.8,52.8,14.4,18.4,0.4,5.2 SURF_ID='OPEN' T_CLOSE=60 / Porten till höger. Stängs efter 1 minuter

*** Utdata i slicefiles (plandata)

-- Tvärsnitt i varje "fack" (från vänster till höger)

&SLCF PBX=3.4 QUANTITY='TEMPERATURE' DTSAM=10 /
&SLCF PBX=3.4 QUANTITY='VELOCITY' DTSAM=10 /
&SLCF PBX=3.4 QUANTITY='oxygen' DTSAM=10 /
&SLCF PBX=3.4 QUANTITY='carbon dioxide' DTSAM=10 /
&SLCF PBX=3.4 QUANTITY='carbon monoxide' DTSAM=10 /
&SLCF PBX=3.4 QUANTITY='visibility' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=9.8 QUANTITY='TEMPERATURE' DTSAM=10 /
&SLCF PBX=9.8 QUANTITY='VELOCITY' DTSAM=10 /
&SLCF PBX=9.8 QUANTITY='oxygen' DTSAM=10 /
&SLCF PBX=9.8 QUANTITY='carbon dioxide' DTSAM=10 /
&SLCF PBX=9.8 QUANTITY='carbon monoxide' DTSAM=10 /
&SLCF PBX=9.8 QUANTITY='visibility' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=16.2 QUANTITY='TEMPERATURE' DTSAM=10 /
&SLCF PBX=16.2 QUANTITY='VELOCITY' DTSAM=10 /
&SLCF PBX=16.2 QUANTITY='oxygen' DTSAM=10 /
&SLCF PBX=16.2 QUANTITY='carbon dioxide' DTSAM=10 /
&SLCF PBX=16.2 QUANTITY='carbon monoxide' DTSAM=10 /
&SLCF PBX=16.2 QUANTITY='visibility' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=22.2 QUANTITY='TEMPERATURE' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=22.2 QUANTITY='VELOCITY' DTSAM=10 /
&SLCF PBX=22.2 QUANTITY='oxygen' DTSAM=10 /
&SLCF PBX=22.2 QUANTITY='carbon dioxide' DTSAM=10 /
&SLCF PBX=22.2 QUANTITY='carbon monoxide' DTSAM=10 /
&SLCF PBX=22.2 QUANTITY='visibility' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=28.6 QUANTITY='TEMPERATURE' DTSAM=10 /
&SLCF PBX=28.6 QUANTITY='VELOCITY' DTSAM=10 /
&SLCF PBX=28.6 QUANTITY='oxygen' DTSAM=10 /
&SLCF PBX=28.6 QUANTITY='carbon dioxide' DTSAM=10 /
&SLCF PBX=28.6 QUANTITY='carbon monoxide' DTSAM=10 /
&SLCF PBX=28.6 QUANTITY='visibility' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=35.0 QUANTITY='TEMPERATURE' DTSAM=10 /
&SLCF PBX=35.0 QUANTITY='VELOCITY' DTSAM=10 /
&SLCF PBX=35.0 QUANTITY='oxygen' DTSAM=10 /
&SLCF PBX=35.0 QUANTITY='carbon dioxide' DTSAM=10 /
&SLCF PBX=35.0 QUANTITY='carbon monoxide' DTSAM=10 /
&SLCF PBX=35.0 QUANTITY='visibility' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=41.0 QUANTITY='TEMPERATURE' DTSAM=10 /
&SLCF PBX=41.0 QUANTITY='VELOCITY' DTSAM=10 /
&SLCF PBX=41.0 QUANTITY='oxygen' DTSAM=10 /
&SLCF PBX=41.0 QUANTITY='carbon dioxide' DTSAM=10 /
&SLCF PBX=41.0 QUANTITY='carbon monoxide' DTSAM=10 /
&SLCF PBX=41.0 QUANTITY='visibility' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=45.0 QUANTITY='TEMPERATURE' DTSAM=10 /
&SLCF PBX=45.0 QUANTITY='VELOCITY' DTSAM=10 /
&SLCF PBX=45.0 QUANTITY='oxygen' DTSAM=10 /
&SLCF PBX=45.0 QUANTITY='carbon dioxide' DTSAM=10 /
&SLCF PBX=45.0 QUANTITY='carbon monoxide' DTSAM=10 /
&SLCF PBX=45.0 QUANTITY='visibility' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=49.4 QUANTITY='TEMPERATURE' DTSAM=10 /
&SLCF PBX=49.4 QUANTITY='VELOCITY' DTSAM=10 /
&SLCF PBX=49.4 QUANTITY='oxygen' DTSAM=10 /
&SLCF PBX=49.4 QUANTITY='carbon dioxide' DTSAM=10 /
&SLCF PBX=49.4 QUANTITY='carbon monoxide' DTSAM=10 /
&SLCF PBX=49.4 QUANTITY='visibility' DTSAM=10 /

--- Tvärsnitt längs X-axeln (Nerifrån och upp)

&SLCF PBY=16.4 QUANTITY='TEMPERATURE' DTSAM=10 /
&SLCF PBY=16.4 QUANTITY='VELOCITY' DTSAM=10 /
&SLCF PBY=16.4 QUANTITY='oxygen' DTSAM=10 /
&SLCF PBY=16.4 QUANTITY='carbon dioxide' DTSAM=10 /
&SLCF PBY=16.4 QUANTITY='carbon monoxide' DTSAM=10 /
&SLCF PBY=16.4 QUANTITY='visibility' DTSAM=10 /

&SLCF PBY=18.0 QUANTITY='TEMPERATURE' DTSAM=10 /
&SLCF PBY=18.0 QUANTITY='VELOCITY' DTSAM=10 /
&SLCF PBY=18.0 QUANTITY='oxygen' DTSAM=10 /
&SLCF PBY=18.0 QUANTITY='carbon dioxide' DTSAM=10 /
&SLCF PBY=18.0 QUANTITY='carbon monoxide' DTSAM=10 /
&SLCF PBY=18.0 QUANTITY='visibility' DTSAM=10 /

&SLCF PBY=21.0 QUANTITY='TEMPERATURE' DTSAM=10 /
&SLCF PBY=21.0 QUANTITY='VELOCITY' DTSAM=10 /
&SLCF PBY=21.0 QUANTITY='oxygen' DTSAM=10 /

&SLCF PBY=21.0 QUANTITY='carbon dioxide' DTSAM=10 /
&SLCF PBY=21.0 QUANTITY='carbon monoxide' DTSAM=10 /
&SLCF PBY=21.0 QUANTITY='visibility' DTSAM=10 /

*** *Strålning*

&BNDF QUANTITY='HEAT_FLUX' /
&BNDF QUANTITY='RADIATIVE_FLUX' /
&BNDF QUANTITY='GAUGE_HEAT_FLUX' /
&BNDF QUANTITY='WALL_TEMPERATURE' /
&BNDF QUANTITY='CONVECTIVE_FLUX' /

** Mätplats 1

&THCP XYZ=3.4,7.4,0.4 QUANTITY='TEMPERATURE' LABEL= '6' DTSAM=10 /
&THCP XYZ=3.4,7.4,5.2 QUANTITY='TEMPERATURE' LABEL= '6' DTSAM=10 /
*** Mätpunkter med 10 centimetersintervall. Punkterna har här plockats bort av utrymmesskäl
*** Punkterna mäter från golvet upp till taket.

** Mätplats 2

&THCP XYZ=7.4,16.4,0.4 QUANTITY='TEMPERATURE' LABEL= '4' DTSAM=10 /
&THCP XYZ=7.4,16.4,5.2 QUANTITY='TEMPERATURE' LABEL= '4' DTSAM=10 /
*** Mätpunkter med 10 centimetersintervall. Punkterna har här plockats bort av utrymmesskäl
*** Punkterna mäter från golvet upp till taket.

** Mätplats 3

&THCP XYZ=28.4,16.4,0.4 QUANTITY='TEMPERATURE' LABEL= '2' DTSAM=10 /
&THCP XYZ=28.4,16.4,5.2 QUANTITY='TEMPERATURE' LABEL= '2' DTSAM=10 /
*** Mätpunkter med 10 centimetersintervall. Punkterna har här plockats bort av utrymmesskäl
*** Punkterna mäter från golvet upp till taket.

** Mätplats 4

&THCP XYZ=48.6,16.4,0.4 QUANTITY='TEMPERATURE' LABEL= '5' DTSAM=10 /
&THCP XYZ=48.6,16.4,5.2 QUANTITY='TEMPERATURE' LABEL= '5' DTSAM=10 /
*** Mätpunkter med 10 centimetersintervall. Punkterna har här plockats bort av utrymmesskäl
*** Punkterna mäter från golvet upp till taket.

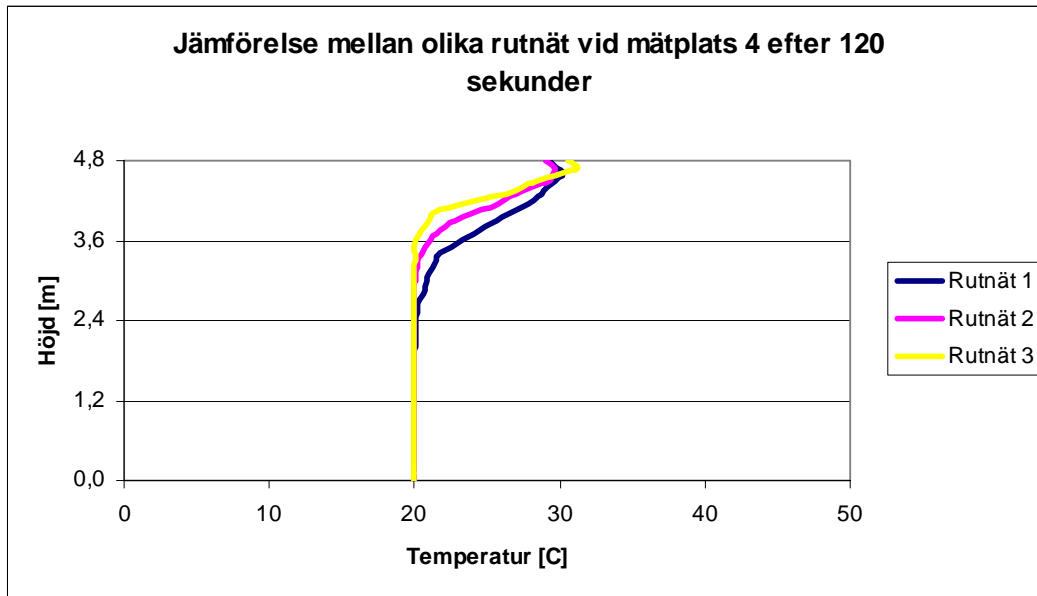
** Mätplats 5

&THCP XYZ=45.0,7.4,0.4 QUANTITY='TEMPERATURE' LABEL= '13' DTSAM=10 /
&THCP XYZ=45.0,7.4,5.2 QUANTITY='TEMPERATURE' LABEL= '13' DTSAM=10 /
*** Mätpunkter med 10 centimetersintervall. Punkterna har här plockats bort av utrymmesskäl
*** Punkterna mäter från golvet upp till taket.

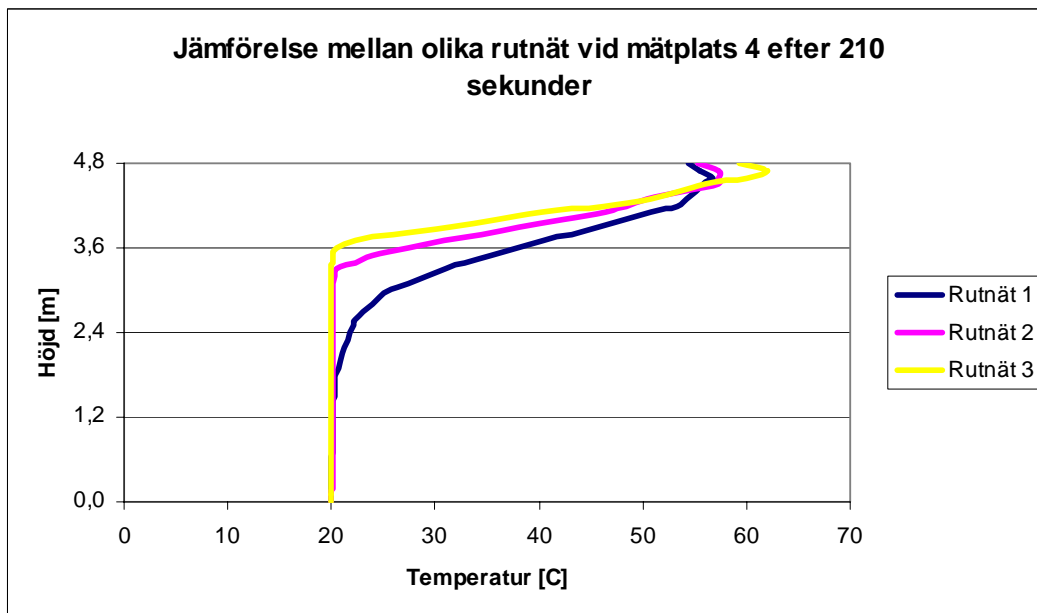
&TAIL

Bilaga N. Jämförelse mellan olika rutnät. Förpackning 1

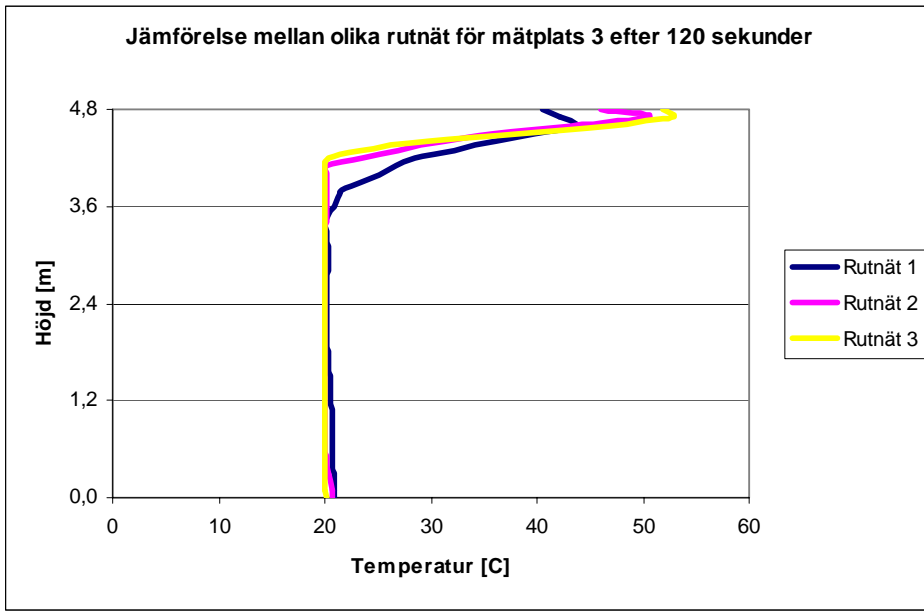
För att jämföra skillnader i resultat beroende på rutnätets storlek har ett urval av resultat visats i figur N.1-N.4. Rutnät 1 är det grövsta rutnätet, rutnät 2 är mellanstorleken och rutnät 3 är det finaste rutnätet.



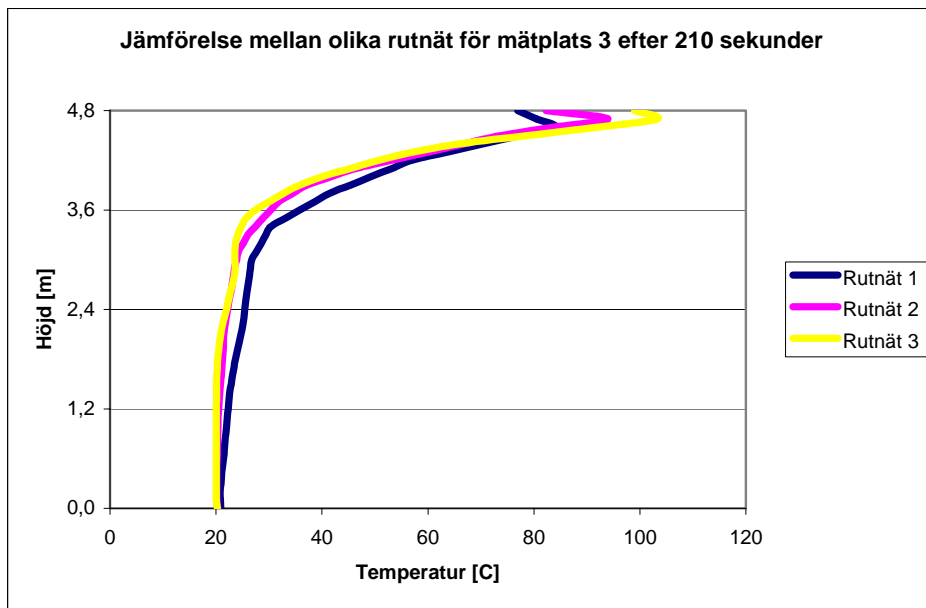
Figur N.1. Jämförelse mellan temperaturer vid samma mätplats för olika rutnät.



Figur N.2. Jämförelse mellan temperaturer vid samma mätplats för olika rutnät.



Figur N.3. Jämförelse mellan temperaturer vid samma mätplats för olika rutnät.



Figur N.4. Jämförelse mellan temperaturer vid samma mätplats för olika rutnät.

Bilaga O. Indatafil till FDS-simulering av förpackning 2

&HEAD CHID='Forpackning2THCP',TITLE='Forpackning del 2 THCP' /

*** Uppdelning av rutnät

&GRID IBAR=60,JBAR=36,KBAR=30 / Del 1

&PDIM XBAR0=28.8,XBAR=40.8,YBAR0=25.6,YBAR=32.8,ZBAR=6.0 /

&GRID IBAR=45,JBAR=18,KBAR=15 / Del 2

&PDIM XBAR0=40.8,XBAR=58.8,YBAR0=25.6,YBAR=32.8,ZBAR=6.0 /

&GRID IBAR=72,JBAR=64,KBAR=15 / Del 3

&PDIM XBAR0=32.0,XBAR=60.8,YBAR0=0.0,YBAR=25.6,ZBAR=6.0 /

&GRID IBAR=80,JBAR=64,KBAR=15 / Del 4

&PDIM XBAR0=0.0,XBAR=32.0,YBAR0=0.0,YBAR=25.6,ZBAR=6.0 /

&TIME TWFIN=600.0,SYNCHRONIZE=.TRUE. /

Körs 10 minuter. Processorerna synkroniserar med varandra under körningen

&MISC REACTION='WOOD', SURF_DEFAULT='GYPSUM BOARD', RADIATION=.TRUE. /

Sätter vad som brinner och standardmaterial i väggar. Strålningsberäkningar görs

&SURF ID='BRAND',HRRPUA=242.6 RAMP_Q='EFFEKTURVA' /

Effekturvan, ökar upp till 180 sekunder, därefter konstant.

&RAMP	ID='EFFEKTURVA',	T=0	,F=0.00	/
&RAMP	ID='EFFEKTURVA',	T=10	,F=0.00	/
&RAMP	ID='EFFEKTURVA',	T=20	,F=0.01	/
&RAMP	ID='EFFEKTURVA',	T=30	,F=0.03	/
&RAMP	ID='EFFEKTURVA',	T=40	,F=0.05	/
&RAMP	ID='EFFEKTURVA',	T=50	,F=0.08	/
&RAMP	ID='EFFEKTURVA',	T=60	,F=0.12	/
&RAMP	ID='EFFEKTURVA',	T=70	,F=0.16	/
&RAMP	ID='EFFEKTURVA',	T=80	,F=0.21	/
&RAMP	ID='EFFEKTURVA',	T=90	,F=0.26	/
&RAMP	ID='EFFEKTURVA',	T=100	,F=0.32	/
&RAMP	ID='EFFEKTURVA',	T=110	,F=0.39	/
&RAMP	ID='EFFEKTURVA',	T=120	,F=0.46	/
&RAMP	ID='EFFEKTURVA',	T=130	,F=0.55	/
&RAMP	ID='EFFEKTURVA',	T=140	,F=0.63	/
&RAMP	ID='EFFEKTURVA',	T=150	,F=0.73	/
&RAMP	ID='EFFEKTURVA',	T=160	,F=0.83	/
&RAMP	ID='EFFEKTURVA',	T=170	,F=0.93	/
&RAMP	ID='EFFEKTURVA',	T=180	,F=1.00	/
&RAMP	ID='EFFEKTURVA',	T=600	,F=1.00	/

&SURF ID = 'CONCRETE'

FYI = 'Thermally Thick Material'

RGB = 0.37,0.37,0.37

KS = 1.0

C_P = 0.88

DENSITY = 2000

DELTA = 0.5 /

Materialegenskaper för betongväggar

&SURF ID = 'GYPSUM BOARD'
FYI = 'Quintiere, Fire Behavior'
RGB = 0.50,0.50,0.50
KS = 0.48
C_P = 0.84
DENSITY= 1440.
DELTA = 0.100 /

Materialegenskaper för gipsväggar

&REAC ID='WOOD'
FYI='Ritchie, et al., 5th IAFSS, C_3.4 H_6.2 O_2.5'
SOOT_YIELD = 0.015
NU_O2 = 3.7
NU_CO2 = 3.4
NU_H2O = 3.1
MW_FUEL = 87.
EPUMO2 = 11020.
CO_YIELD = 0.0043
RADIATIVE_FRACTION = 0.3 /

brandens egenskaper

****Innerväggar (vänster till höger)*

&OBST XB=0.0,0.4,0.0,14.0,0.4,5.2 /
&OBST XB=0.0,0.4,18.0,25.6,0.4,5.2 /
&OBST RGB=0.0,0.5,0.25 XB=2.4,2.8,0.4,18.0,0.4,5.2 /
&OBST RGB=0.0,0.5,0.25 XB=8.8,9.2,0.4,18.0,0.4,5.2 /
&OBST RGB=0.0,0.5,0.25 XB=15.2,15.6,0.4,18.0,0.4,5.2 /
&OBST RGB=0.0,0.5,0.25 XB=21.6,22.0,0.4,18.0,0.4,5.2 /
&OBST XB=22.0,28.8,0.4,12.4,0.4,5.2 /
&OBST RGB=0.0,0.5,0.25 XB=32.0,32.4,0.4,25.6,0.4,5.2 /
&OBST RGB=0.0,0.5,0.25 XB=40.4,40.8,0.4,25.6,0.4,5.2 /
&OBST RGB=0.0,0.5,0.25 XB=48.8,49.2,0.4,25.6,0.4,5.2 /

**** Ytterväggar*

&OBST XB=58.4,60.8,0.0,25.6,0.4,5.2 /

&OBST XB=58.4,58.8,25.6,32.4,0.4,5.2 /

&OBST XB=28.8,58.8,32.4,32.8,0.4,5.2 /

&OBST XB=28.8,29.2,24.2,32.4,0.4,5.2 /

&OBST XB=0.0,28.8,24.2,25.6,0.4,5.2 /

&OBST XB=2.4,28.8,0.0,0.4,0.4,5.2 /

&OBST XB=32.0,56.4,0.0,0.4,0.4,5.2 /

**** Tak*

&OBST SURF_ID='CONCRETE' XB=28.8,40.8,25.6,32.8,5.2,6.0 / Rum 1

&OBST SURF_ID='CONCRETE' XB=40.8,58.8,25.6,32.8,5.2,6.0 / Rum 2

&OBST SURF_ID='CONCRETE' XB=32.0,60.8,0.0,25.6,5.2,6.0 / Rum 3

&OBST SURF_ID='CONCRETE' XB=0.0,32.0,0.0,25.6,5.2,6.0 / Rum 4

**** Golv*

&OBST SURF_ID='CONCRETE' XB=28.8,40.8,25.6,32.8,0.0,0.4 / Rum 1

&OBST SURF_ID='CONCRETE' XB=40.8,58.8,25.6,32.8,0.0,0.4 / Rum 2

&OBST SURF_ID='CONCRETE' XB=32.0,60.8,0.0,25.6,0.0,0.4 / Rum 3

&OBST SURF_ID='CONCRETE' XB=0.0,32.0,0.0,25.6,0.0,0.4 / Rum 4

**** Brasa*

&OBST XB=33.3,36.3,30.0,32.0,0.4,1.4 SURF_IDS='BRAND','INERT','INERT' /

*** Öppningar

&VENT XB=0.4,2.4,0.0,0.0,0.4,5.2 SURF_ID='OPEN' RGB=0.0,0.0,1.0 / *nerre vänster*

&VENT XB=28.8,32.0,0.0,0.0,0.4,5.2 SURF_ID='OPEN' RGB=0.0,0.0,1.0 / *nerre mitt*

&VENT XB=56.4,58.4,0.0,0.0,0.4,5.2 SURF_ID='OPEN' RGB=0.0,0.0,1.0 / *nerre mitt*

&VENT XB=0.0,0.0,14.0,18.0,0.4,5.2 SURF_ID='OPEN' RGB=0.0,0.0,1.0 T_CLOSE=60 / *Stängs över 60 sekunder*

*** Utdata i slicefiles

-- Tvärsnitt i varje "fack" (från vänster till höger)

&SLCF PBX=1.4 QUANTITY='TEMPERATURE' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=1.4 QUANTITY='VELOCITY' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=1.4 QUANTITY='oxygen' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=1.4 QUANTITY='carbon monoxide' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=1.4 QUANTITY='carbon dioxide' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=1.4 QUANTITY='visibility' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=5.8 QUANTITY='TEMPERATURE' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=5.8 QUANTITY='VELOCITY' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=5.8 QUANTITY='oxygen' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=5.8 QUANTITY='carbon monoxide' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=5.8 QUANTITY='carbon dioxide' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=5.8 QUANTITY='visibility' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=12.2 QUANTITY='TEMPERATURE' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=12.2 QUANTITY='VELOCITY' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=12.2 QUANTITY='oxygen' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=12.2 QUANTITY='carbon monoxide' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=12.2 QUANTITY='carbon dioxide' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=12.2 QUANTITY='visibility' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=18.6 QUANTITY='TEMPERATURE' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=18.6 QUANTITY='VELOCITY' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=18.6 QUANTITY='oxygen' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=18.6 QUANTITY='carbon monoxide' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=18.6 QUANTITY='carbon dioxide' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=18.6 QUANTITY='visibility' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=30.4 QUANTITY='TEMPERATURE' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=30.4 QUANTITY='VELOCITY' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=30.4 QUANTITY='oxygen' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=30.4 QUANTITY='carbon monoxide' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=30.4 QUANTITY='carbon dioxide' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=30.4 QUANTITY='visibility' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=36.4 QUANTITY='TEMPERATURE' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=36.4 QUANTITY='VELOCITY' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=36.4 QUANTITY='oxygen' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=36.4 QUANTITY='carbon monoxide' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=36.4 QUANTITY='carbon dioxide' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=36.4 QUANTITY='visibility' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=44.8 QUANTITY='TEMPERATURE' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=44.8 QUANTITY='VELOCITY' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=44.8 QUANTITY='oxygen' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=44.8 QUANTITY='carbon monoxide' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=44.8 QUANTITY='carbon dioxide' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=44.8 QUANTITY='visibility' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=53.8 QUANTITY='TEMPERATURE' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=53.8 QUANTITY='VELOCITY' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=53.8 QUANTITY='oxygen' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=53.8 QUANTITY='carbon monoxide' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=53.8 QUANTITY='carbon dioxide' DTSAM=10 /

&SLCF PBX=53.8 QUANTITY='visibility' DTSAM=10 /

--- Tvärsnitt längs X-axeln (Nerifrån och upp)

&SLCF PBY=21.8 QUANTITY='TEMPERATURE' DTSAM=10 /

&SLCF PBY=21.8 QUANTITY='VELOCITY' DTSAM=10 /

&SLCF PBY=21.8 QUANTITY='oxygen' DTSAM=10 /

&SLCF PBY=21.8 QUANTITY='carbon monoxide' DTSAM=10 /

&SLCF PBY=21.8 QUANTITY='carbon dioxide' DTSAM=10 /

&SLCF PBY=21.8 QUANTITY='visibility' DTSAM=10 /

&SLCF PBY=21.8 QUANTITY='TEMPERATURE' DTSAM=10 /

&SLCF PBY=21.8 QUANTITY='VELOCITY' DTSAM=10 /

&SLCF PBY=21.8 QUANTITY='oxygen' DTSAM=10 /

&SLCF PBY=21.8 QUANTITY='carbon monoxide' DTSAM=10 /

&SLCF PBY=21.8 QUANTITY='carbon dioxide' DTSAM=10 /

&SLCF PBY=21.8 QUANTITY='visibility' DTSAM=10 /

&SLCF PBY=29.0 QUANTITY='TEMPERATURE' DTSAM=10 /

&SLCF PBY=29.0 QUANTITY='VELOCITY' DTSAM=10 /

&SLCF PBY=29.0 QUANTITY='oxygen' DTSAM=10 /

&SLCF PBY=29.0 QUANTITY='carbon monoxide' DTSAM=10 /

&SLCF PBY=29.0 QUANTITY='carbon dioxide' DTSAM=10 /

&SLCF PBY=29.0 QUANTITY='visibility' DTSAM=10 /

*** Strålning

&BNDF QUANTITY='HEAT_FLUX' /

&BNDF QUANTITY='GAUGE_HEAT_FLUX' /

&BNDF QUANTITY='WALL_TEMPERATURE' /

&BNDF QUANTITY='CONVECTIVE_FLUX' /

&BNDF QUANTITY='RADIATIVE_FLUX' /

*** Mätplats 1

&THCP XYZ=4.8,9.2,0.4 QUANTITY='TEMPERATURE' LABEL='4' DTSAM=10 /

&THCP XYZ=4.8,9.2,5.2 QUANTITY='TEMPERATURE' LABEL='4' DTSAM=10 /

*** Mätpunkter med 10 centimetersintervall. Mellanliggande punkter har här plockats bort av utrymmesskäl

*** Punkterna mäter från golvet upp till taket.

*** Mätplats 4

&THCP XYZ=44.8,9.2, 0.4 QUANTITY='TEMPERATURE' LABEL='10' DTSAM=10 /

&THCP XYZ=44.8,9.2, 5.2 QUANTITY='TEMPERATURE' LABEL='10' DTSAM=10 /

*** Mätpunkter med 10 centimetersintervall. Mellanliggande punkter har här plockats bort av utrymmesskäl

*** Punkterna mäter från golvet upp till taket.

*** Mätplats 5

&THCP XYZ=58.2,20.0,0.4 QUANTITY='TEMPERATURE' LABEL='3:1' DTSAM=10 /

&THCP XYZ=58.2,20.0,5.2 QUANTITY='TEMPERATURE' LABEL='3:1' DTSAM=10 /

*** Mätpunkter med 10 centimetersintervall. Mellanliggande punkter har här plockats bort av utrymmesskäl

*** Punkterna mäter från golvet upp till taket.

*** Mätplats 2

&THCP XYZ=18.6,20.0, 0.4 QUANTITY='TEMPERATURE' LABEL= '3:2' DTSAM=10 /

&THCP XYZ=18.6,20.0,5.2 QUANTITY='TEMPERATURE' LABEL= '3:2' DTSAM=10 /

*** Mätpunkter med 10 centimetersintervall. Mellanliggande punkter har här plockats bort av utrymmesskäl

*** Punkterna mäter från golvet upp till taket.

*** Mätplats 3

&THCP XYZ=34.8,26.6, 0.4 QUANTITY='TEMPERATURE' LABEL= '2' DTSAM=10 /

&THCP XYZ=34.8,26.6,5.2 QUANTITY='TEMPERATURE' LABEL= '2' DTSAM=10 /

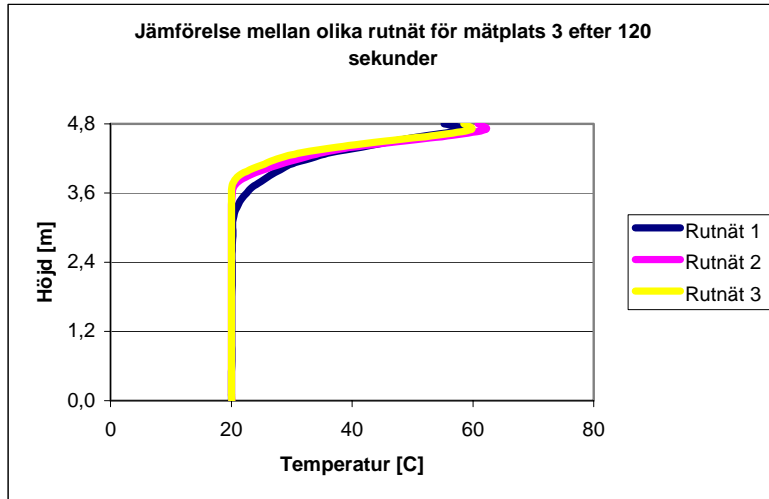
*** Mätpunkter med 10 centimetersintervall. Mellanliggande punkter har här plockats bort av utrymmesskäl

*** Punkterna mäter från golvet upp till taket.

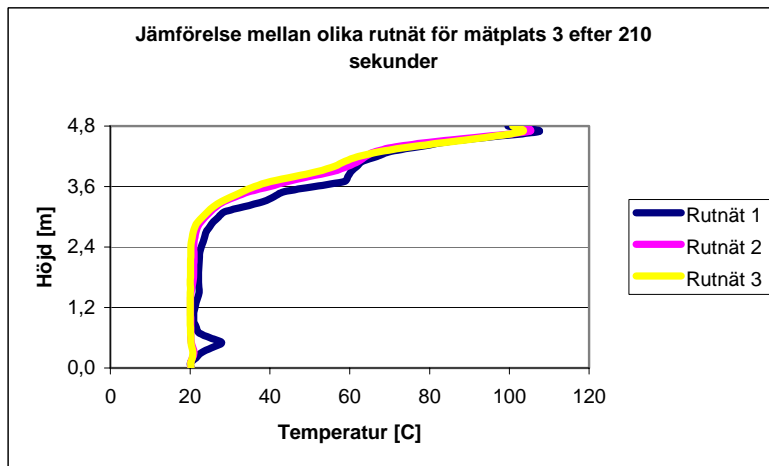
&TAIL

Bilaga P. Jämförelse mellan olika rutnät. Förpackning 2

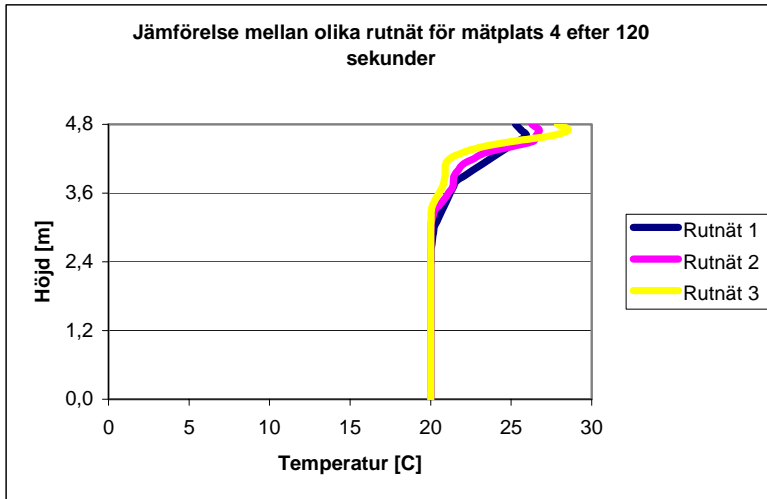
För att jämföra skillnader i resultat beroende på rutnätets storlek har ett urval av resultat visats i figur P.1-P.4.



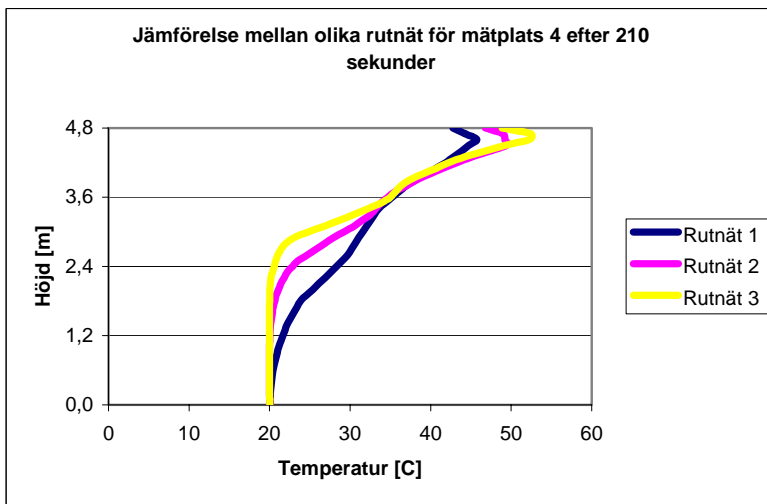
Figur P.1 Jämförelse mellan temperaturer vid samma mätplats för olika rutnät.



Figur P.2 Jämförelse mellan temperaturer vid samma mätplats för olika rutnät.



Figur P.3 Jämförelse mellan temperaturer vid samma mätplats för olika rutnät.



Figur P.4. Jämförelse mellan temperaturer vid samma mätplats för olika rutnät.

Bilaga Q. Beskrivning av Simulex

Simulex är ett datorprogram som används för att modellera utrymning av en eller flera lokaler. Man lägger in CAD ritningar i Simulex där man kan placera ut personer som sedan går till definierade utgångar när simuleringen startas. Utrymningsförloppet kan ses grafiskt och även spelas in för att göra en överskådlig presentation. Den version av programmet som använts i arbetet är Version 11.1.3 (IES Ltd, 1998).

Det går att ange olika egenskaper för personerna beroende på vad det är för verksamhet i den aktuella byggnaden. Egenskaper som kan anges är gånghastighet, varseblivningstid, besluts/reaktionstid, rörelsehinder m.m. Förinställda personegenskaper kan väljas för att matcha enskilda individers eller grupperns olika egenskaper. Det går också att definiera vilka utgångar som skall användas vid simuleringen. De förinställda gånghastigheterna är hämtade från filmade försök vid utrymningsövningar och hur individer rör sig i folksamlingar. Programmet är mycket användbart för att kontrollera var köbildningar skapas samt var problem kan uppstå vid en utrymning (IES Ltd, 1998).

Några av nackdelarna med programmet är att personerna inte kan välja alternativa utrymningsvägar när köbildning uppstår. Personer kan också fastna i vissa utrymnen vilket ofta leder till att CAD-ritningarna måste modifieras.

Bilaga R. Policy Säkerhet Hälsa Miljö (SHE)



POLICY **Säkerhet Hälsa Miljö (SHE)** **AstraZeneca i Sverige**

- Hänsyn till Säkerhet, Hälsa och Miljö ska utgöra en naturlig del i det dagliga arbetet.
- Vi ska uppfylla AstraZeneca-koncernens SHE-policy och mål. Vi ska arbeta för ständiga förbättringar inom SHE-området samt se till att lagkrav och tillstånd är väl tillgodosedda.
- Vi ska arbeta för att eliminera arbetsskador, tillbud och andra händelser samt minimera verksamhetens miljöpåverkan.

Inom AstraZeneca i Sverige ska vi arbeta för att

- skapa en kultur där SHE-arbetet är integrerat i linjeverksamheten, därför att detta skapar mervärde för medarbetare, företag och samhälle
- öka rapporteringen av tillbud och observationer för att arbetsskador, arbetssjukdomar och andra händelser ska minska
- alla anställda ska erbjudas en arbetsmiljö, som är stimulerande och utvecklande samt ges kunskaper så att medvetande, engagemang och ansvar inom SHE-arbetet blir högt
- alla anställda ska känna en god arbetslivskvalitet med balans mellan arbete och fritid
- identifiera risker inom SHE-området och arbeta för att minimera skador på människa, egendom och miljö
- regelbundet informera samt föra en öppen dialog om SHE-frågor med våra anställda, myndigheter mm
- ha en säker hantering av farligt gods
- ha en väl fungerande brandskydds- och krishanteringsorganisation med tillhörande rutiner för att förebygga brand och andra olyckshändelser
- verka för en hållbar utveckling genom att bedriva god hushållning av energi och material, samt god källsortering av avfall, som möjliggör ökad återanvändning, återvinning och minskad deponering
- ta hänsyn till SHE vid val av entreprenörer, leverantörer och konsulter
- ha en regelbunden uppföljning av SHE-arbetet och en god styrning av verksamheten mot ständiga förbättringar.

Södertälje 2005-09-20

Martin Nicklasson
Verkställande Direktör AstraZeneca AB

