LUND UNIVERSITY

Ekonomisk riskanalys av Avesta Sheffields kallvalsverk i Nyby

Tehler, Henrik

1999

Link to publication

Citation for published version (APA):
Tehler, H. (1999). *Ekonomisk riskanalys av Avesta Sheffields kallvalsverk i Nyby*. (LUTVDG/TVBB--3103--SE; Vol. 3103). Department of Fire Safety Engineering and Systems Safety, Lund University.

Total number of authors:
1

General rights
Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:
Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.
• Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
• You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
• You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: https://creativecommons.org/licenses/

Take down policy
If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00

Download date: 16. Jan. 2026

Ekonomisk riskanalys av Avesta Sheffields kallvalsverk i Nyby

Henrik Johansson

Department of Fire Safety Engineering
Lund University, Sweden

Brandteknik
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet

Report 3103, Lund 1999

Rapporten har finansierats av BRANDFORSK

Ekonomisk riskanalys av
Avesta Sheffields kallvalsverk i Nyby

Henrik Johansson

Lund 1999

Ekonomisk riskanalys av Avesta Sheffields kallvalsverk i Nyby

Henrik Johansson

Report 3103
ISSN: 1402-3504
ISRN: LUTVDG/TVBB--3103--SE

Number of pages: 73
Illustrations: Henrik Johansson

Keywords
Risk analysis, economic optimisation, cost-benefit, industrial fire protection

Abstract
The aim of this report has been to perform a risk analysis of Avesta Sheffields cold-rolling mill in Nyby. The risk analysis consequences are expressed in economical terms and the measurement of the risk is presented as the expected annual cost due to fire. The model used is based on an event tree which describes what happens if a fire breaks out in the building. The effect off different fire prevention measures, such as sprinklers, fire compartments etc. is modelled by using a combination of expert judgement and statistics. Since the scope of the risk analysis deals with the complete building, some relative simple and only partly validated models have been used in order to make the analysis practicable.
(SWEDISH)

© Copyright: Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lunds Universitet, Lund 1999.

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
Box 118
SE-221 00 Lund
Sweden

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

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

Sammanfattning
Denna rapport ingår som en del i projektet ”Ekonomisk optimering av det industriella brandskyddet”, som finansieras av BRANDFORSK.

Målet med rapporten har varit att undersöka hur en kvantitativ riskanalysmetodik (se Johansson /1/ och Mattsson /2/) där konsekvenserna uttrycks i ekonomiska termer, kan användas på en verklig industrianläggning. I rapporten utförs en riskanalys av Avesta Sheffields kallvalsverk i Nyby. Endast risker på grund av bränder ingår i analysen.

Metoden som använts är baserad på händelseträdsmetodik i kombination med expertbedömningar. Som hjälp vid bedömningarna har statistik från tidigare bränder i svensk industri och i kallvalsverket använts. Metodiken består i princip av två delar; en del där brandfrekvensen (hur ofta det brinner i anläggningen) beräknas och en del där sannolikheten för olika konsekvenser (givet brand) beräknas.

Då brandfrekvensen i byggnaden beräknas används generell information om bränder i samma industrigrupp som kallvalsverket bedöms tillhöra. För att denna skattning av brandfrekvensen skall representera förhållandena i kallvalsverket på ett bättre sätt används också tillbudsstatistik som samlats i kallvalsverket mellan 1993 och 1997 då den slutliga skattningen av brandfrekvensen genomförs.

Modellens händelseträd beskriver sannolikheten för olika brandscenarier givet att brand har uppstått i byggnaden. Till händelseträdet finns delmodeller som beskriver t.ex. sprinklersystemets funktion, personalens ingripande mm. I dessa delmodeller har expertbedömningar och statistik från tidigare bränder använts.

Varje brandscenario som beskrivs i händelseträdet är förknippat med en viss skadekostnad och en sannolikhet. Genom att summera sannolikheten för varje möjligt brandscenario multiplicerat med tillhörande kosekvens för alla brandscenarier fås den förväntade skadekostnaden vid *en* brand. Genom att brandfrekvensen (per år) också har skattats kan den förväntade skadekostnaden *per år* beräknas.

I analysen har även kostnaderna för ett fiktivt försäkringsbolag beräknats. Det har antagits att Avesta Sheffield har en egendoms- och avbrottsförsäkring med en självrisk på 500 kkr. Den förväntade skadekostnaden per år beräknades för Avesta Sheffield till 2988 kkr/år och för försäkringsbolaget som 2411 kkr/år.

I rapporten visas också hur en jämförelse mellan nuvarande brandskyddsalternativ och ett alternativ som innebär installationen av ett heltäckande sprinklersystem kan utföras. Resultatet från denna jämförelse är att den årliga förväntade skadekostnaden på grund av brand plus kostnaden för sprinklersystemet utgör ungefär 15% av den nuvarande utformningens förväntade skadekostnad.

I fas 1 av projektet har det inte ingått att genomföra någon omfattande undersökning av avbrotts- och dolda skadekostnader. Detta innebär att skattningarna av ovan nämnda kostnader måste betraktas som osäkra. Under fas 2 av projektet ”Ekonomisk optimering av det industriella brandskyddet” planeras en osäkerhetsanalys av denna rapport, vilket innebär att mera vittgående slutsatser angående osäkerheter i denna rapports resultat kan presenteras efter fas 2.

Metodiken som använts har visat sig vara genomförbar i praktiken. I kombination med en osäkerhetsanalys samt undersökningar av avbrotts- och dolda kostnader bör resultatet från denna typ av analys bli mycket användbart då risknivån i en anläggning skall uttryckas kvantitativt. Denna kvantitativt beräknade risknivå kan sedan användas för att t.ex. jämföra olika brandskyddsalternativ och finna det ekonomiskt mest optimala.

Summary
The aim of this report has been to investigate how a quantitative risk analysis with respect to economic damage can be applied to an industrial facility. The analysis is performed in a cold-rolling mill, owned by Avesta Sheffield.

In the report an event-tree based risk analysis method was used. In order to model the influence of various factors, e.g. the fire brigade, fire compartments etc., expert judgement in combination with statistics from previous fires were used.

The analysis consists of two main parts. The first involves the calculation of the fire frequency, e.g. how many fires occur on average each year, and the second part involves the event-tree analysis which describes what can happen if a fire breaks out.

The fire frequency is first estimated by using general information about fire frequencies in a group of industries that the cold-rolling mill is judged to belong to. This first estimate could be considered to represent some “mean industry” of the same size as the cold-rolling mill, but it is not known whether the fire frequency in the actual building is higher or lower then the estimated. To improve this estimate, statistics of fires in the cold-rolling mill between 1993 and 1997 were used. After this adjustment was made, the fire frequency information was expected to be a better representation of the actual circumstances in the cold-roll mill.

When a fire has started in the building, the event-tree describes possible outcomes. Each of the sub-scenarios in the event-tree is associated with a certain probability and a consequence. By summarising the probability multiplied by the consequence (expressed in monetary terms) for each sub-scenario, the expected loss due to *one* fire is calculated. By multiplying this expected loss with the fire frequency, the *annual* expected loss due to fire is calculated.

The annual expected loss due to fire has been calculated for Avesta Sheffield as well as for a fictitious insurance company. It has been assumed that both the direct and the consequential losses are covered by the insurance, and that the deductible is 500000 SEK. The annual expected loss due to fire was calculated to be 2988000 SEK/year for Avesta Sheffield and 2411000 SEK/year for the insurance company. This result is however uncertain, because the estimation of the hidden losses (losses affecting Avesta Sheffield despite the insurance) and consequential losses was estimated by the author. A more thorough investigation of these costs has not been planed for this phase of the project, but it would be desirable that such investigation was performed later in the project.

A comparison of two different fire protection alternatives was made. The alternative differences involved the decision whether to install sprinkler in the whole building or not. The annual expected loss due to fire for the present fire protection alternative (e.g. no sprinkler) was compared to the annual expected loss due to fire in a sprinkled building *plus* the annual cost due to the sprinkler system. It was found that the annual expected cost due to fire *and* fire protection measures was almost 7 times lower in the sprinkled alternative than in the present alternative. As before, the justification to install sprinkler in the building should be regarded as uncertain until a comprehensive uncertainty analysis has been performed (planned in phase 2 of the project). A more thorough study of the hidden losses is also required in order to be able to draw conclusion of the justification of a sprinkler system.

The methodology that was tested in this report has proven to be useful. If completed with an uncertainty analysis and a study of the hidden losses, the method will be very useful when identifying the most optimum fire protection alternatives.

The author wishes to thank the Swedish Fire Research Board (BRANDFORSK), who has financed the report.

Sida

Sammanfattning ..... **i**
Summary ..... **ii**

1. Inledning **1**
2. Beskrivning av byggnaden och företaget **3**
2.1. FÖRETAGET 3
2.2. PRODUKTIONEN I NYBY KALLVALSVERK 3
2.3. BRANDTEKNISKA INSTALLATIONER 3
2.4. BYGGNADSUPPDELNING 4
2.4.1. Område 1, Uppklippning *4*
2.4.2. Område 2, Skärverk 3 ..... *5*
2.4.3. Område 3, Sendzimirvalsverken *5*
2.4.4. Område 4, Linje 55 och 60 ..... *5*
2.4.5. Område 5, Bandslipen *5*
2.4.6. Område 6, Övriga utrymmen *6*
3. Brandfrekvens och typbränder **7**
3.1. BRANDFREKVENS 7
3.2. BAYES SATS 8
3.3. ANTAL BRÄNDER PER ÅR 10
3.4. BRANDFÖRDELNING INOM BYGGNADEN 11
3.5. TYPBRÄNDER 14
3.5.1. Maskiner *14*
3.5.2. Övriga föremål *16*
3.5.3. Spridning mellan föremål *17*
4. Räddningstjänstens ingripande **19**
4.1. LARMTID 19
4.2. KÖRTID 22
4.3. RÖKDYKARINSATS 23
4.4. SANNOLIKHETEN ATT RÄDDNINGSTJÄNSTEN SLÄCKER BRANDEN 24
5. Personalens ingripande **27**
5.1. MASKINBRÄNDER 27
5.2. ÖVRIGT MATERIAL 28
6. Brandcenarier **31**
6.1. FÖRDELNING AV BRÄNDER 31
6.2. BRANDLARMETS TILLFÖRLITLIGHET 31
6.3. SPRINKLERSYSTEMENS TILLFÖRLITLIGHET 32
6.4. BRANDEFFEKTUTVECKLING 32
6.5. BRANDSPRIDNING MELLAN OMRÅDEN 35
7. Skadekostnader **39**
7.1. EGENDOMSKOSTNADER 40
7.2. AVBROTTSKOSTNADER 42
7.3. DOLDA KOSTNADER 42
7.3.1. Modellering av dolda kostnader *43*
7.4. SAMTLIGA SKADEKOSTNADER 44
8. Förväntad skadekostnad och riskprofil **47**
8.1. FÖRVÄNTAD SKADEKOSTNAD VID EN BRAND 48
8.1.1. Avesta Sheffield *49*
8.1.2. Försäkringsbolaget *49*
8.2. FÖRVÄNTAD SKADEKOSTNAD UNDER ETT ÅR 50
8.3. RISKPROFIL 50
9. Jämförelse av brandskyddsalternativ **53**
9.1. ALTERNATIV 1, BEFINTLIG UTFORMNING 54
9.2. ALTERNATIV 2, INSTALLATION AV SPRINKLER 54
9.3. RISKATTITYD 56
10. Resultat och diskussion **59**
11. Referenser **61**

Bilaga 1, Händelseträd **63**
Bilaga 2, Maximala brandeffekter **71**

1. Inledning

Föreliggande rapport behandlar Avesta Sheffields kallvalsverk i Nyby. Syftet med rapporten är att göra en riskanalys av byggnaden enligt den metod som redovisats i Johansson /1/ och Mattsson /2/. Det är också meningen att denna analys skall kunna bidra till att riskanalysmetodiken utvecklas och förbättras.

Riskanalysmetodiken som används är kvantitativ och konsekvenserna uttrycks i ekonomiska termer. Genom att beräkna en brandfrekvens med hjälp av generella uttryck och bedömningar fås en första skattning av hur ofta det brinner i byggnaden. Denna första skattning uppdateras sedan genom att använda tillbudsstatistik från kallvalsverket tillsammans med Bayes sats.

Med hjälp av statistik från svensk industri bedöms fördelningen av bränder inom byggnaden. Denna fördelning ger information om hur stor sannolikheten är att en brand uppstår inom ett visst område (givet att brand har uppstått i byggnaden).

Fördelningen av bränder, brandfrekvens, släcksystems tillförlitlighet mm. ger upphov till ett antal brandscenarier eller delscenarier (en möjlig händelseutveckling då brand uppkommit). Dessa delscenarier presenteras i ett händelseträd, som är själva stommen i beräkningsmodellen. Varje delscenario i händelseträdet är förknippad med en sannolikhet och en konsekvens.

Skadekostnaden för ett delscenario är uppdelad i tre delar, egendoms-, avbrotts- och dolda kostnader. Egendomskostnaderna är kostnader för nyanskaffning av material (maskiner och byggnad), avbrottskostnaderna är t.ex. vinstbortfall p.g.a. produktionsstopp. Både egendoms- och avbrottskostnader antas ersättas av Avesta Sheffields avbrotts- och egendomsförsäkring. Detta innebär att den största kostnaden som Avesta Sheffield drabbas av vid en skada är på grund av de dolda kostnaderna, vilka inte ersätts av någon försäkring. De dolda kostnaderna kan uppkomma långt efter själva branden och kan också vara svåra att sätta i samband med branden. Ett exempel på dolda kostnader kan vara förlust av marknadsandelar.

Med hjälp av egendoms-, avbrotts- och dolda kostnader beräknas den totala skadekostnaden för varje delscenario. Denna totala skadekostnad beräknas både för Avesta Sheffield och för ett fiktivt försäkringsbolag. För enkelhetens skull antas att Avesta Sheffield endast är försäkrat hos ett försäkringsbolag och att försäkringsskyddet täcker egendoms- och avbrottsskador.

Det antas att skadekostnaden för Avesta Sheffield är lika med summan av egendoms- och avbrottskostnaderna upp till och med självrisken (om summan är högre än självrisken betalar försäkringsbolaget den överskjutande delen) plus de dolda skadekostnaderna. Den totala skadekostnaden för försäkringsbolaget uppgår till summan av egendoms- och avbrottskostnaderna minus självrisken.

Tyvärr finns det inte tillgång några modeller eller riktlinjer för hur avbrotts- och dolda skadekostnader skall beräknas, vilket gör att dessa bedömningar är förenade med stora osäkerheter. Förhoppningsvis kommer sådana modeller att konstrueras, vilket i så fall kommer att öka värdet i denna typ av analys.

Den förväntade skadekostnaden, som beräknas genom att summera sannolikheten med skadekostnaden för varje delscenario, utgör tillsammans med riskprofilen ett mått på

brandriskernas storlek i byggnaden. Den förväntade skadekostnaden är ett lägesmått (medelvärde) för skadekostnaden, medan riskprofilen beskriver dess spridning.

I rapporten undersöks också om installationen av ett heltäckande sprinklersystem är ekonomiskt motiverat. Det vill säga om kostnaden för sprinklersystemet (fördelat över sprinklersystemets ekonomiska livslängd) plus de förväntade skadekostnaderna är lägre än de förväntade skadekostnaderna utan sprinklersystemet.

Det bör påpekas att de ekonomiska belopp som används för avbrotts- och dolda skadekostnader är uppskattade av författaren. Bättre skattningar skulle säkert kunnat erhållits från t.ex. produktionschefen. Eftersom några sådana skattningar inte funnits tillgängliga under analysens utförande är det viktigt att en osäkerhetsanalys, som klargör osäkerheternas inverkan på slutresultatet, genomförs. En sådan analys är planerad under fas 2 av projektet ”Ekonomisk optimering av det industriella brandskyddet”.

2. Beskrivning av byggnaden och företaget

2.1. Företaget

Avesta Sheffield är en av världens största producenter av kall och varmvalsat stål. Avesta Sheffield köper mestadels skrot som sedan smälts ner i ett av tre smältverk (i Avesta, Sheffield och Degerfors). Mätningar utförs på skrotblandningen för att ta reda på vilka halter av t.ex. nickel som ursprungsmaterialet innehåller. Därefter tillsätts rätt mängder nickel, mangan mm. för att slutprodukten skall få önskad sammansättning.

Från smältverket levereras så kallade Slabs, vilket är stora block (ca 15 ton tunga) av stål. Dessa levereras till ett varmvalsverk där de bearbetas och valsas till tunnare plåt som rullas upp i rullar av olika bredder. Rullarna av varmvalsat stål levereras sedan vidare till ett kallvalsverk där plåten behandlas och valsas. Från kallvalsverket levereras antingen rullar med plåt (i olika tjocklek), eller färdigkapade plåtbitar.

2.2. Produktionen i Nyby kallvalsverk

Materialet som kommer till kallvalsverket är varmvalsad plåt, vilken först rullas upp på en haspel (i banduppbyggnadsmaskinen, se Figur 1) och går därefter igenom kallsticksverket, Z-high, där materialet valsas i kallt tillstånd och fortsätter in i linje 60, inglödgningslinjen. I linje 60 värmebehandlas materialet för att göra det mer formbart inför kallvalsningen. Materialet går även igenom blästring och syrabetning för att ta bort de oxidskal som kan finnas kvar efter varmvalsningen.

Efter linje 60 fraktas materialet ut ur byggnaden. Om materialet skall användas till en produkt där materialkraven inte är så höga går stålrullarna från linje 60 och vidare till uppklippningen eller skärverk 3, beroende på vilken produkt som skall framställas.

Om materialkravet är högre går stålrullarna från linje 60 till något av de två Sendzimirvalsverken där materialet kallvalsas. Sendzimirvalsverken är reversibla, d.v.s. materialet valsas fram och tillbaka i maskinen tills önskad tjocklek har erhållits. Sendzimirvalsverk 1 är det äldsta och arbetar med en hastighet av 120 meter i minuten och Sendzimirvalsverk 2 är mycket modernt och arbetar med en hastighet av 600 meter per minut. Vid valsningen blir materialet väldigt varmt och för att undvika överhettning används olja i kombination med vatten för att kyla valsarna och materialet.

Efter bearbetningen i Sendzimirvalsarna fraktas materialet till färdigglödgning i linje 55. I linje 55 ges materialet önskade egenskaper såsom hållfasthet, elasticitet mm. Till sist så skickas även detta material till antingen skärverk 1, 3 eller uppklippningen för att formas till önskad dimension.

Om det finns speciella önskemål angående ytan hos stålet kan glättvalsverket eller bandslipen användas för att åstadkomma önskad effekt innan stålet skärs upp och förpackas.

2.3. Brandtekniska installationer

Byggnaden är inte försedd med någon heltäckande brandteknisk installation, men vissa delar har punktskyddats.

Sendzimirvalsverk 1 är försedd med ett lättvattensprinklersystem, som kan utlösas manuellt vid valsverket.

Sendzimirvalsverk 2 är försedd med både koldioxidsystem och vattensprinklersystem. Koldioxidsystemet kan utlösas manuellt av operatören som ständigt övervakar processen, dessutom finns en automatisk utlösningsanordning som utlöser då temperaturen i valsen stigit över ett visst gränsvärde.

Oljedepån vid bandslipen är försedd med ett manuellt koldioxidsystem.

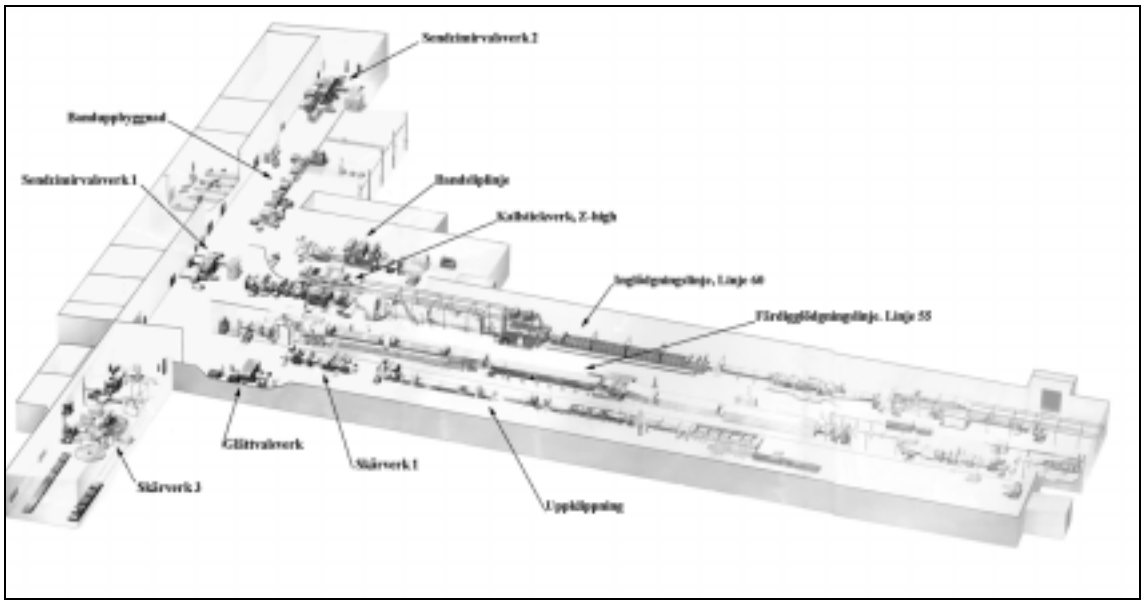
Kallstickverket, Z-high är försedd med ett manuellt lättvattensystem.

Motorrummen i anslutning till de två Sendzimirvalsverken är försedda med rökdetektorer.

Oljerummet vid Sendzimirvalsverk 2 är försett med rökdetektorer.

Den största delen av byggnaden som analyseras är placerad i en enda brandcell. I vissa fall skiljs de olika produktionslinjerna med tegelväggar, men i dessa finns öppningar som saknar dörrar/portar med erforderlig brandteknisk klass.

De små utrymmena (valsslip, oljerum, motorrum mm.) som är placerade intill Sendzimirvalsverken är egna brandceller.



Figur 1 Avesta Sheffields kallvalsverk i Nyby (bilden kommer från /6/).

2.4. Byggnadsuppdelning

Eftersom produktionslokalen är så stor och innehåller varierande riskkällor (som dessutom i många fall är separerade med väggar) delas den upp i mindre delar som analyseras var för sig.

Följande områden är tänkta att användas i analysen (se Figur 2).

2.4.1. Område 1, Uppklippning

Detta område innehåller förutom uppklippningslinjen även skärverk 1, glättvalsverk samt en del ytor som används för paketering.

Detta område innehåller inte mycket värmealstrande maskiner och mängden olja är liten, vilket gör att sannolikheten för en brand anses mindre än i t.ex. bandslipen.

Maskinerna är låga (ca 2-3 meter) jämfört med takhöjden (ca 10 meter). Stora delar av lokalen används till förvaring av stålrullar. Nedanför uppklippningen sker paketering av plåtar. Vid paketeringen finns en mindre mängd träribbor som används för att skydda plåtarna vid transport. Dessa träribbor lagras i höjder upp till cirka 1 meter.

2.4.2. Område 2, Skärverk 3

Hela skärverk 3 tillsammans med våg och utrymmen för paketering ingår i område 2. I detta område sker uppskärning av de stora stålrullarna i mindre dimensioner. I detta område finns inte mycket varma ytor och heller inga stora mängder olja.

I ena änden av lokalen sker paketering, vilket innebär närvaro av mindre mängder trämaterial.

2.4.3. Område 3, Sendzimirvalsverken

Sendzimirvalsverken inklusive banduppbyggnadsmaskinen utgör ett område. I det gamla Sendzimirvalsverket (nr 1) valsas plåten öppet, d.v.s. inget koldioxidsystem finns installerat för att kunna släcka en brand i kyloljan. Däremot finns ett manuellt lättvattensprinklersystem avsett för att släcka eventuella bränder.

I Sendzimirvalsverk 2 sker valsningen slutet och ett koldioxidsystem kan utlösas manuellt från kontrollrummet. Även lättvattenvattensprinkler finns installerat i verket och denna kan utlösas både manuellt och automatiskt.

I båda Sendzimirvalsverken förekommer höga temperaturer vid valsning och det finns även stora mängder brännbart material närvarande (olja).

Banduppbyggnadsmaskinen innebär inga höga temperaturer eller ovanligt mycket brännbart material.

I området förekommer skräplagring i containers och även en del pappersrullar kan förekomma. Pappersrullarna är cirka 1,5 meter höga och har en diameter på 0,5 meter.

2.4.4. Område 4, Linje 55 och 60

I detta område ingår både linje 55 och 60 samt kallstickverket Z-high. Denna del av byggnaden är den teknisk mest komplexa. Både linje 55 och 60 är mycket viktiga för hela produktionen och den verksamhet som bedrivs här innebär både höga temperaturer och mycket brännbart material (mestadels oljor). Maskinerna i detta utrymme är upp till 8 meter höga.

Här finns också två stycken betningsavdelningar med fluorvätesyra, vilket är starkt frätande. En läcka på en sådan tank innebär inte bara stor sannolikhet för skada på byggnaden, utan också en fara för personalen.

2.4.5. Område 5, Bandslipen

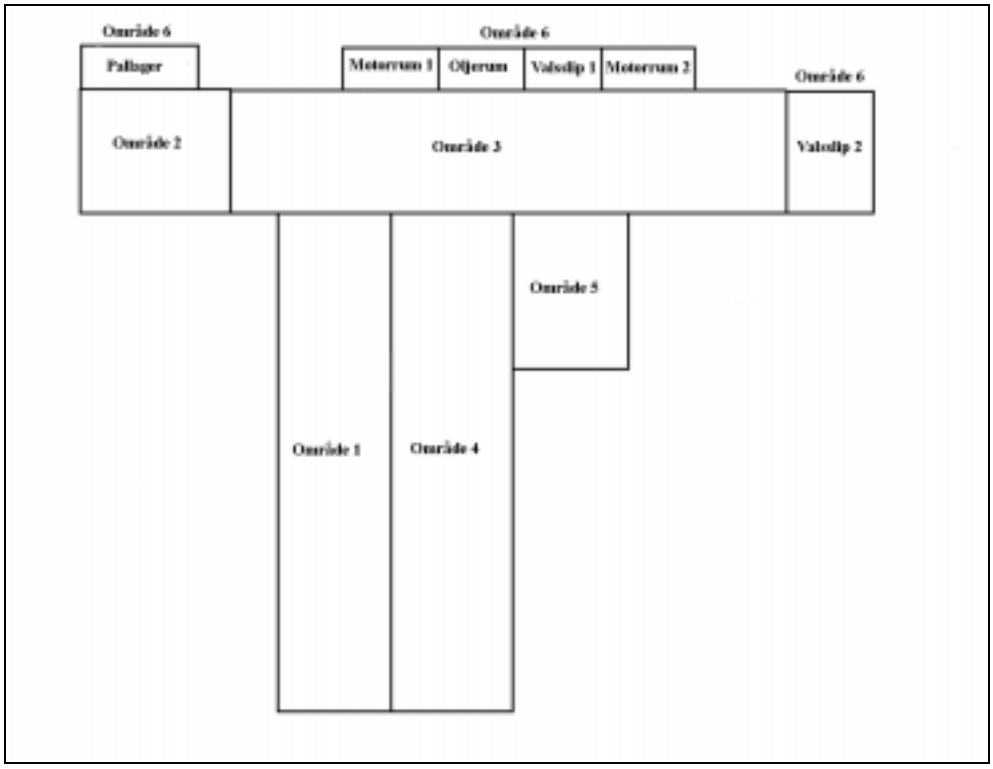
I område 6 finns bandslipen med tillhörande oljedepå. I slipen kyls materialet med oljan som sedan filtreras och pumpas tillbaka till oljedepån. Bandslipens höjd varierar mellan cirka 4 och 7 meter.

2.4.6. Område 6, Övriga utrymmen

Övriga utrymmen är två valsslipningsutrymmen, två motorrum, oljedepå och pallager.

I valsslipningsutrymmena underhålls valsar som använts i produktionen. I motorrummen finns mycket elektronik och motorer för drift av Sendzimirvalsarna. Dessa utrymmen är egna brandceller.

Pallagret som är placerat utanför skärverk 3 utgör också en del av område 6. I pallagret sker lagring till en höjd av cirka 5 meter. Området är tillbyggt utanför den gamla fasaden och värms endast upp av en varmluftsfläkt i taket. Pallagret är inte brandtekniskt avskilt från skärverk 3.



Figur 2 Kallvalsverkets förenklade layout.

3. Brandfrekvens och typbränder

Hela analysen kan ses som två större delar, en som beskriver hur ofta det brinner och en som beskriver vad som händer om det brinner. Hur ofta det brinner kommer att behandlas i detta kapitel, men också en del av vad som händer när det brinner. Beskrivningen av hur ofta det brinner görs genom att beräkna den så kallade brandfrekvensen.

Brandfrekvensen är ett mått på hur många bränder som i genomsnitt uppstår under ett år. Denna frekvens används sedan för att beräkna sannolikheten för en brand, två bränder o.s.v. under ett år.

Vad som händer när det väl börjat brinna beskrivs av de så kallade typbränderna. Eftersom det är omöjligt att analysera alla bränder som kan uppstå väljs några bränder ut för analys. Dessa bränder kallas typbränder och skall på bästa möjliga sätt representera samtliga bränder som kan tänkas uppstå. En typbrand kan vara stor, medelstor eller liten. Den lilla branden medför ingen störning på produktionen och heller ingen större ekonomisk skada. Den stora branden har potential att sprida sig till hela det område där den börjat och den medelstora branden har potential att skada eller förstöra en maskin, men sprider sig inte från den maskin där den uppstått.

Observera att den medelstora och den stora branden har *potential* att orsaka stora skadekostnader, men om skyddssystemen, personalen eller brandkåren lyckas släcka branden minskas konsekvenserna av branden avsevärt. Hänsyn till dessa effekter tas senare i analysen.

3.1. Brandfrekvens

Först sker en skattning av brandfrekvensen i byggnaden med utgångspunkt från en visuell besiktning och Ekvation 1, som är hämtad från Rutstein /3/.

Ekvation 1

$\lambda = a\ A_f^b$

där

λ = Brandfrekvensen i byggnaden ($år^{-1}$)
A_f = Arean av den industri som sannolikheten för brand skall beräknas för (m^2)
a = Konstant beroende på verksamheten i lokalen.
b = Konstant beroende på verksamheten i lokalen.

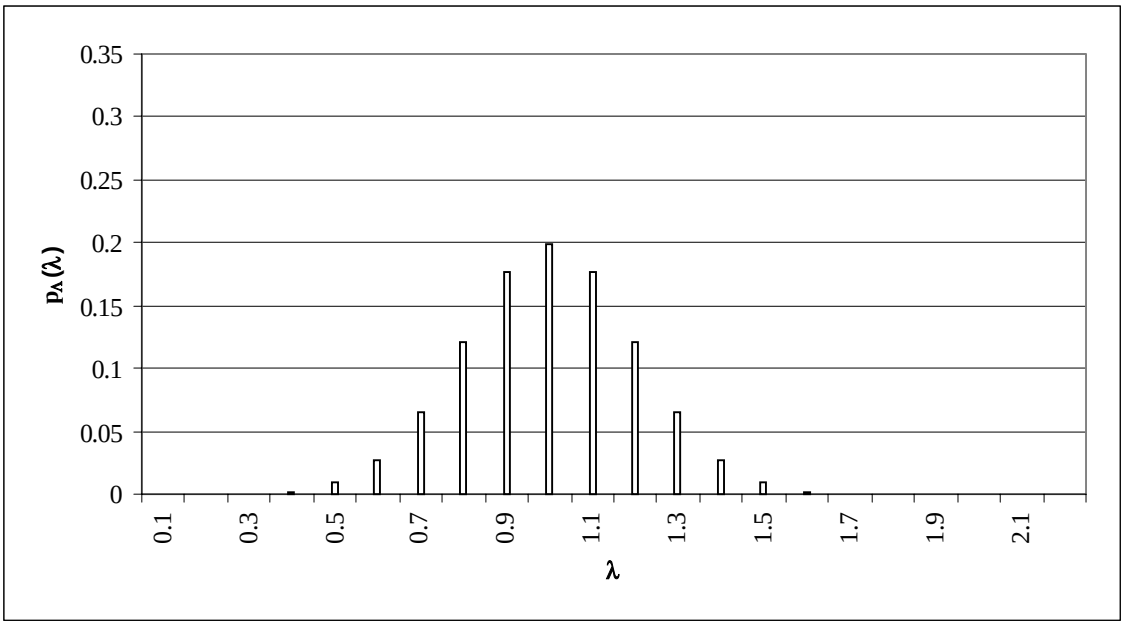
Kallvalsverkets brandfrekvens beräknas genom att använda konstanterna a och b från klassen ”Annan tillverkning”, vilka är 0,0084 och 0,41. Detta resulterade i en brandfrekvens på 0,43 bränder per år.

Vid visuell besiktning av lokalerna ansågs att denna första bedömning bör justeras uppåt på grund av de många brandstiftarna (ugnar, valsar, mm.) som finns i byggnaden. Brandfrekvensen justeras upp till 1 brand per år.

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

Tabell 1 Faktorerna a och b i Ekvation 1 /3/.

I stället för att representera brandfrekvensen med ett enda värde används en skattning av osäkerheten i brandfrekvensen. Som skattning av brandfrekvensen används en diskret fördelning som har medelvärdet 1 brand per år. Eftersom brandfrekvensen i fortsättningen kommer att betraktas som en stokastisk variabel (slumpvariabel) används stora lambda (Λ) som symbol för variabeln (brandfrekvensen) och lilla lambda för argumentet.



Figur 3 Aprioridfördelning för brandfrekvensen i kallvalsverket.

Den fördelning som precis skattats för brandfrekvensen i byggnaden kallas aprioridfördelning och representerar kunskapen om brandfrekvensen i byggnaden innan några mätningar har genomförts, d.v.s. innan tillbudsstatistiken har undersökts. Observera att Figur 3 visar ett stolpdiagram, d.v.s. det är staplarnas höjd som är av intresse, inte deras yta.

3.2. Bayes sats

Med hjälp av Bayes sats kan en skattning av en frekvens uppdateras genom att även ta hänsyn till mätningar av antalet bränder under några år. I detta fall representeras mätningarna med den tillbudsstatistik som samlats i kallvalsverket sedan 1993.

De brandtillbud som uppkommit under tiden 1993 till 1997 redovisas i Tabell 2.

År	**Orsak**	**Position**
93	Varmgång i lagerbox	
93	Kabelbrand	Oljefiltreringsrum
93		Bandvalslinjen
93	Brand i slipdamm	Transportör vid bandslip
93	Upphettad kylolja	Valsmaskin
94	Upphettad kylolja	Valsmaskin
94	Upphettat slipspån	Bandslipen
94		Upplag vid bandslipen
94		Cyklon
96	Upphettad kylolja	Valsmaskin
96	Upphettad kylolja	Valsmaskin
96	Upphettad kylolja	Valsmaskin
96		Bandslip
96	Upphettad kylolja	Valsmaskin
97	Upphettad kylolja	Valsverk 2
97	Brand i elskåp	
97	Transportör	Bandslip
97	Upphettad kylolja	Valsverk 2
97	Upphettad kylolja	Valsverk 2
97	Upphettad kylolja	

Tabell 2 Brandtillbud tiden 1993 till 1997.

Sannolikheten att 1,2,3… bränder skall uppkomma under en viss tidsperiod kan beskrivas med en Poisson-fördelning. En Poisson-fördelning uppträder då händelser inträffar slumpmässigt i tiden eller rummet, d.v.s. när händelserna är oberoende av varandra och kan inträffa när som helst. Dessutom förutsätts det att händelserna inträffar med en konstant frekvens så att Λ händelser inträffar i genomsnitt per tidsenhet. Dessa villkor anses gälla för bränder i kallvalsverket.

Ekvation 2

$$p_X(x) = e^{-(\Lambda \cdot t)} \cdot (\Lambda \cdot t)^x / x!$$

X = Antalet bränder under tidsperioden.
$p_X(x)$ = Sannolikheten att just x bränder inträffar under tidsperioden.
Λ = Brandfrekvensen (år^{-1}).
t = Tidsperioden som är aktuell (år).

Antalet bränder per år betraktas som en Poisson-fördelning (se Ekvation 2). Brandfrekvensen (Λ) i Ekvation 2 kan beskrivas med fördelningen i Figur 3 (osäkerhet råder om vilket värde brandfrekvensen antar). Med hjälp av Bayes sats kan vår ursprungliga skattning av brandfrekvensen Λ uppdateras genom användandet av information som finns i tillbudsstatistiken. Bayes sats (se t.ex. /13/) beskrivs i Ekvation 3.

Ekvation 3

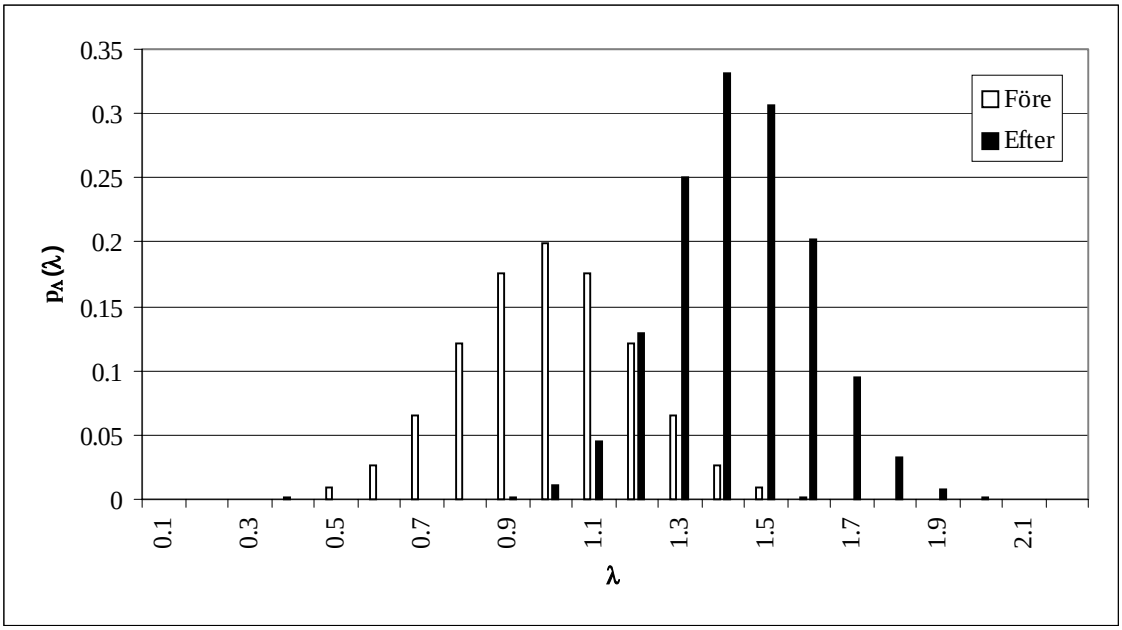
$$P(\lambda_i / A) = \frac{P(\lambda_i) \cdot P(A/\lambda_i)}{\sum_{j=1}^{n} P(\lambda_j) \cdot P(A/\lambda_j)}$$

$P(\lambda_i/A)$ innebär sannolikheten för att brandfrekvensen Λ skall anta värdet λ_i givet att informationen i tillbudsstatistiken är känd (händelsen A). $P(\lambda_i)$ är sannolikheten att brandfrekvensen skulle anta värdet λ_i innan informationen i tillbudsstatistiken beaktats (aprioridfördelningen) och $P(A/\lambda_i)$ är sannolikheten att händelsen A (tillbudsstatistiken) skulle inträffat om λ_i var den korrekta brandfrekvensen.

I kallvalsverkets tillbudsstatistik kan följande värden utläsas:

t = 4 år (antal år som mätningen pågått)
x = 20 st (antal bränder som uppkommit)

Genom att använda Bayes sats tillsammans med tillbudsstatistiken, samt antagandet att antalet bränder under ett år är Poisson-fördelat kan aprioridfördelningen uppdateras och resultatet blir en posteriorifördelning, vilken kan ses i Figur 4.



Figur 4 Brandfrekvensens aprioridfördelning (före uppdatering med tillbudsstatistik) och posteriorifördelning (efter uppdatering).

Medelvärdet för den nya skattningen av brandfrekvensen ($\overline{\Lambda}$) blir 1,41 bränder per år, vilket är en ökning (jämfört med innan uppdateringen) med 41%.

1,41 bränder per år är den nya skattningen av brandfrekvensen i kallvalsverket.

3.3. Antal bränder per år

Bränder i byggnader antas vara oberoende och i genomsnitt uppkomma med en viss frekvens, vilken beräknades i förra avsnittet. Sannolikheten för ett visst antal bränder kan i så fall beskrivas med en Poisson-fördelning där brandfrekvensen är medelvärdet.

Sannolikheten att ett visst antal bränder uppkommer under ett år kan räknas ut genom att använda en Poisson-fördelning med medelvärdet 1,41 bränder per år. Resultatet kan ses i Tabell 3.

På grund av detta kommer den förväntade skadekostnaden i denna rapport att beräknas som summan av sannolikheten för *en* brand multiplicerat med den förväntade skadan vid *en* brand plus sannolikheten för *två* bränder multiplicerat med den förväntade skadan vid *två* bränder o.s.v.

Antal bränder under ett år	Sannolikhet
0	0.24414328
1	0.34424203
2	0.24269063
3	0.1140646
4	0.04020777
5	0.01133859
6	0.00266457
7	0.00053672
8	9.4597E-05
9	1.482E-05
10	2.0896E-06

Tabell 3 Sannolikheten för ett visst antal bränder under ett år, givet att antalet är Poisson-fördelat med medelvärdet 1,41.

Om den förväntade skadekostnaden vid en brand multipliceras med brandfrekvensen erhålls samma resultat som om den förväntade skadekostnaden vid ett en brand multipliceras med sannolikheten för en brand plus den förväntade skadekostnaden vid två bränder multiplicerat med sannolikheten för två bränder o.s.v.

3.4. Brandfördelning inom byggnaden

Inom byggnaden sker en uppdelning i olika områden. Denna uppdelning görs för att alla delar av kallvalsverket inte har samma brandrisker, d.v.s. i vissa delar uppstår brand oftare än i andra och i vissa delar får en brand större konsekvenser än i andra. De områden som används har redovisats i kapitel 2.

Tidigare erfarenheter (stor brand i slipmaskinen 1987) har visat att kallvalsverket inte är känsligt för icke termiska skador. Åtminstone inte i jämförelse med en industri där förekomsten av elektronik är större. Orsaken till detta kan vara att produktionslokalen (som är en enda stor brandcell) hela tiden är väldigt smutsig. Ett lager av olja täcker i princip allt som finns där. Detta borde innebära ett den utrustning som inte är skyddad är okänslig och tålig även mot brandrök. Dessutom är de maskiner som finns i lokalen robusta, d.v.s. maskindetaljerna är grova och det finns inte mycket elektronik. Det som finns i form av elektrisk utrustning är vanligtvis skyddat (i andra rum/brandceller).

På grund av denna motståndskraft mot icke termiska skador samt den låga brandbelastningen används ett beräkningssätt där skillnad görs på om branden uppkommit i en maskin eller ej (sannolikheten för ekonomisk skada bedöms som mycket större om branden uppstår i maskin).

I denna modell kan dels maskinbränder bidra till att sannolikheten för brand i ett område ökar, men också övriga bränder. Maskinbrändernas bidrag fås genom bedömningar, samt användandet av tillbudsstatistiken (se Tabell 2). Sannolikheten för övriga typer av bränder

anses öka proportionellt med ytan av området, varför fördelningen av övriga bränder mellan områdena följer storleksfördelningen mellan områdena.

Följande förkortningar kommer att användas i modellen:

Ma = Maskinbrand
Öv = Brand i övrigt material
By = Brand i byggnaden
$Ma_{O(k)}$ = Maskinbrand i område k (där k = 1,2,3,4,5,6)
Ma_{By} = Maskinbrand i byggnaden
$Öv_{O(k)}$ = Brand i övrigt material i område k (där k=1,2,3,4,5,6)
$Öv_{By}$ = Brand i övrigt material i byggnaden
O(k) = Brand i område k (där k=1,2,3,4,5,6)
Ma(i) = Brand i maskin i (där i är namnet på maskinen)

När sannolikheten för en viss händelse är betingad, d.v.s. det är givet att en annan händelse har inträffat, uttrycks detta genom ”/”. $P(Ma_{O(k)} / Ma_{By})$ betyder alltså ”sannolikheten för brand i en maskin i område (k) givet att en maskinbrand har uppstått i byggnaden.

Först bedöms $P(Ma_{O(k)} / Ma_{By})$ och $P(Öv_{O(k)} / Öv_{By})$ för alla områden. Dessa två sannolikheter är sannolikheten att en maskinbrand uppstår i område k, givet att en maskinbrand uppstått i byggnaden och sannolikheten att en övrig brand uppstår i område k, givet att en övrig brand uppstått i byggnaden. $P(Ma_{O(k)} / Ma_{By})$ bedöms genom analysera vilka olika typer av maskiner som finns i områdena och vilken brandrisk de medför. $P(Öv_{O(k)} / Öv_{By})$ beräknas genom antagandet att förhållandet mellan övriga bränder i områdena är samma som storleksförhållandet mellan områdena. $P(Ma_{O(k)} / Ma_{By})$ och $P(Öv_{O(k)} / Öv_{By})$ redovisas i Tabell 4

I svensk industri (kategorin ”Annan tillverkningsindustri”) uppstod ca 89% av bränderna i produktionslokaler i maskiner, uppvärmningsanordningar, fläktar, brandfarlig vätska eller gas /1/. Sannolikheten att en brand uppstår i en maskin, givet att brand har uppkommit i byggnad (P(Ma/By)) bedöms som 0.9 och alltså är sannolikheten att branden uppstår i övrig utrustning 0.1 (P(Öv/By)). Med hjälp av detta antagande kan P(O(k)/By) (sannolikheten att branden uppstår i område (k) givet att brand har uppstått i byggnaden) beräknas genom Ekvation 4.

Ekvation 4

$$P(O(k)/By) = P(Ma_{O(k)} / Ma_{By}) \cdot P(Ma/By) + P(Öv_{O(k)} / Öv_{By}) \cdot P(Öv/By)$$

	Area (m^2)	**$P(Ma_{O(k)}/Ma_{By})$**	**$P(Öv_{O(k)}/Öv_{By})$**	**P(Ma/O(k))**	**P(Öv/O(k))**	**P(O(k)/By)**
1, Uppklippning	3900	0,05	0,26	0,61	0,39	0,07
2, Skärverk 3	1380	0,05	0,09	0,82	0,18	0,05
3, Sendzimirvalsverken	1960	0,4	0,13	0,96	0,04	0,37
4, Linje 55 och 60	4100	0,1	0,27	0,75	0,25	0,12
5, Bandsliplinjen	1000	0,3	0,07	0,97	0,03	0,28
6, Övriga utrymmen	2710	0,1	0,18	0,82	0,18	0,11

Tabell 4 Beräkning av sannolikheten för brand i ett specifikt område givet brand i byggnaden , P(O(k)/By).

Då en brand uppstår i ett visst område finns det ibland flera maskiner som den kan tänkas uppkomma i. Fördelningen av bränder mellan dessa maskiner redovisas i Tabell 5. Dessa fördelningar har bedömts med ledning av tillbudsstatistik och intervjuer med maskinpersonal.

Maskin (i) och Område (k)	**P(Ma (i) / O(k))**
Område 1, Uppklippning	
Glättvalsverk	0,4
Skärverk 1	0,4
Uppklippning	0,2
Område 2, Skärverk 3	
Skärverk 3	1
Område 3, Sendzimirvalsverken	
Sendzimirvalsverk 1	0,45
Sendzimirvalsverk 2	0,5
Banduppbyggnad	0,05
Område 4, Linje 55 och 60	
Linje 55	
Svets	0,1
Kallsticksverk, Z-high	0,4
Ugn	0,2
Linje 60	
Svets	0,1
Ugn	0,2
Område 5, Bandsliplinje	
Bandslipen	0,5
Oljerum	0,5
Område 6, Övriga utrymmen	
Valsslip 1	0,15
Valsslip 2	0,15
Motorrum till Sendzimirvals 1	0,25
Motorrum till Sendzimirvals 2	0,25
Oljerum	0,05
Pallager	0,15

Tabell 5 Fördelning av bränder mellan maskiner i de olika områdena. P(Ma (i) / O(k)) innebär sannolikheten att brand börjar i maskin (i) givet att brand börjat i område (k), där maskinen är placerad.

3.5. Typbränder

I analysen finns tre typbränder (för definition, se Johansson /1/), stor, medelstor och liten. Den lilla branden medför endast en mycket begränsad skada och anses kosta företaget mindre än 20 kkr. Den medelstora branden är en brand som på något sätt skadar en maskin så att den behöver repareras. Denna typ av brand uppkommer till exempel då en maskin med mycket olja börjar brinna och inga släckförsök lyckas, men branden blir begränsad till maskinen. Den stora branden uppkommer då branden lyckas sprida sig från initialföremålet till andra föremål i lokalen, vilket betyder att om inget släckförsök lyckas kommer branden snart att involvera hela området.

Förutom att skillnad görs på stor, medelstor och liten brand finns också en skillnad mellan bränder som uppstår i maskiner och bränder som uppstår i övriga föremål.

3.5.1. Maskiner

Bränder i maskinerna karaktäriseras med hjälp av den maximala brandeffekt som maskinen bedöms kunna utveckla samt hastigheten som branden i inledningsskedet växer med. Dessa värden presenteras i Tabell 6. Den maximala brandeffekten har bedömts genom visuell besiktning av maskinerna. Vid besiktningen har mängden brännbara komponenter bedömt. I maskinerna är det vanligtvis oljor (för kylning, smörjning mm.) som bedömts utgöra den största delen bränsle vid brand. I vissa fall finns även större mängder kablar och gummislangar, men i förhållande till oljorna bedöms dessa bränslen utgöra en mindre del. Brandtillväxthastigheten har bedömts med ledning av bränslekonfiguration vid maskinerna, d.v.s. vilken typ av bränsle dominerar och hur är det fördelat över maskinen. De maskiner som presenteras i Tabell 6 utgör de maskiner, vilka bedöms innehålla så mycket brännbart material att det vid en brand finns risk att maskinen förstörs eller att andra maskiner förstörs.

	Maximal brandeffekt	**Brandtillväxthastighet**
Område 1, Uppklippning		
Glättvalsverk	3 MW	Snabb
Skärverk 1	3 MW	Snabb
Uppklippning	3 MW	Medelsnabb
Område 2, Skärverk 3		
Skärverk 3	3 MW	Medelsnabb
Område 3, Sendzimirvalsverken		
Sendzimirvalsverk 1	7 MW	Snabb
Sendzimirvalsverk 2	10 MW	Snabb
Banduppbyggnad	5 MW	Medelsnabb
Område 4, Linje 55 och 60		
Linje 55		
Svets	2 MW	Medelsnabb
Kallsticksverk, Z-high	7 MW	Snabb
Ugn	3 MW	Medelsnabb
Linje 60		
Svets	2 MW	Medelsnabb
Ugn	3 MW	Medelsnabb
Område 5, Bandsliplinje		
Bandslipen	10 MW	Snabb

Tabell 6 Maximala brandeffekter och tillväxthastigheter för maskinerna i kallvalsverket.

Eftersom informationen om brand i maskinerna är begränsad är bedömningarna som redovisas i Tabell 6 förenade med osäkerheter, varför effekten av en ökning respektive en minskning av de olika effekterna bör studeras i en osäkerhetsanalys.

Det bör observeras att de tillväxthastigheter och maximala brandeffekter som redovisas i Tabell 6 representerar maskinen i vilken branden börjar. Om branden utvecklas till en stor brand, d.v.s. sprider sig till andra föremål kommer brandutvecklingen efter spridning att bli annorlunda (se avsnitt 6.4).

Maskinbränder klassificeras som stora, medelstora eller små (liten brand). De stora bränderna har potential att sprida sig från initialföremålet till andra föremål i området och orsaka en totalförstörelse av området. Den medelstora branden har potential att förstöra maskinen som den började i, men inte sprida sig så att den hotar hela området. Den lilla branden innebär ingen betydande skada på maskinen.

Fördelningen mellan typbränderna för de olika maskinerna finns redovisad i Tabell 7.

	Liten brand	**Medelstor brand**	**Stor brand**
Område 1, Uppklippning			
Glättvalsverk	0,8	0,19	0,01
Skärverk 1	0,83	0,16	0,01
Uppklippning	0,93	0,06	0,01
Område 2, Skärverk 3			
Skärverk 3	0,90	0,08	0,02
Område 3, Sendzimirvalsverken			
Sendzimirvalsverk 1	0,66	0,31	0,03
Sendzimirvalsverk 2	0,52	0,44	0,04
Banduppbyggnad	0,88	0,11	0,01
Område 4, Linje 55 och 60			
Linje 55			
Svets	0,87	0,11	0,02
Kallsticksverk, Z-high	0,67	0,29	0,04
Ugn	0,88	0,1	0,02
Linje 60			
Svets	0,87	0,11	0,02
Ugn	0,88	0,1	0,02
Område 5, Bandsliplinje			
Bandslipen	0,8	0,15	0,05
Oljerum	0,8	0,16	0,04
Område 6, Övriga utrymmen			
Motorrum 1 och 2	0,8	0,19	0,01
Valsslip 1 och 2	0,87	0,11	0,02
Pallager	0,7	0,15	0,15
Oljerum	0,8	0,16	0,04

Tabell 7 Fördelning av stor brand, medelstor brand och liten brand för de olika maskinerna i byggnaden.

3.5.2. Övriga föremål

Förutom maskinerna finns inte speciellt mycket material som kan tänkas bidra till en brand. I viss mån lagras trä som används vid transport av plåtar och även papper som används för att skydda stålbanden när de rullas ihop.

Övriga bränder bedöms som stora, medelstora eller små.

Liten brand
En liten brand orsakar inga störningar i driften och innebär inte någon större ekonomisk skada (<20 kkr). En lite brand kan till exempel vara skyddspapperet i en av plåtrullarna som brinner och inte sprider sig till något annat föremål.

Medelstor brand
En medelstor brand har potential att orsaka skada på någon av maskinerna i byggnaden. Skadan orsakas antingen genom att maskinen börjar brinna eller genom att strålningen från branden förstör komponenter i maskinen.

Stor brand
En stor brand innebär att branden har potential att förstöra hela området som den uppstår i. Detta innebär att hela området betraktas som involverat i branden och det finns risk för spridning till andra områden.

Fördelningen mellan de olika typbränderna liten, medelstor och stor presenteras i Tabell 8.

	Liten	**Medelstor**	**Stor**
Område 1, Uppklippning	0,8	0,19	0,01
Område 2, Skärverk 3	0,83	0,16	0,01
Område 3, Sendzimirvalsverken	0,78	0,21	0,01
Område 4, Linje 55 och 60	0,82	0,16	0,02
Område 5, Bandsliplinje	0,82	0,16	0,02

Tabell 8 Fördelningen av bränder i övriga föremål.

I stället för att bedöma en enda maximal brandeffekt hos initialföremålet skattas tre stycken brandeffektet. Den minsta bedöms inträffa i 25% av bränderna, den största i 25% av bränderna och den mellersta i 50% av bränderna. På detta sätt har hänsyn tagits till att det finns flera olika föremål i de olika områdena som kan tänkas utgöra initialbranden. Bedömningarna av dessa maximala brandeffekter och dess tillväxthastigheter redovisas i Tabell 9.

		Maximal brandeffekt (kW)		
Område	**Brandtillväxt**	**Min**	**Mellan**	**Max**
1, Uppklippning	Medelsnabb	500	1000	1500
2, Skärverk 3	Medelsnabb	500	1000	2000
3, Sendzimirvalsverken	Medelsnabb	500	1200	2000
4, Linje 55 och 60	Medelsnabb	700	1500	2000
5, Bandslipen	Medelsnabb	700	1500	2500
6, Övriga utrymmen				
Oljerum	Snabb	2000	4000	6000
Motorrum 1	Medelsnabb	500	700	1000
Motorrum 2	Medelsnabb	500	700	1000
Valsslip 1	Medelsnabb	500	1000	1500
Valsslip 2	Medelsnabb	500	1000	1500
Pallager	Snabb	2000	5000	10000

Tabell 9 Maximala brandeffekter i de olika områdena. Den minsta brandeffekten (Min) uppkommer i 25% av bränderna, mittersta brandeffekten (Mellan) i 50% av fallen och den maximala brandeffekten (Max) i 25% av bränderna.

3.5.3. Spridning mellan föremål

Skillnaden mellan stor och medelstor brand är att den stora branden kan sprida sig från initialföremålet till andra föremål och till slut involvera hela området, medan den medelstora branden är begränsad till startföremålet eller ett mindre antal föremål. För att bedöma sannolikheten att branden utvecklas till medelstor eller stor brand (se Tabell 8) används en enkel strålningsmodell.

De bedömda maximala brandeffekterna hos maskinerna har redovisats i Tabell 6 och för övriga föremål i Tabell 9. Dessa maximala brandeffekter används vid beräkning av maximal strålningspåverkan från initialbranden.

Vid beräkning av strålning från ett brinnande objekt till ett annat antas att branden är cirkulär och att förbränningsvärmen vid maskinbränder är 40 MJ/kg (representativt värde för oljor /3/) och vid bränder i övriga föremål 19 MJ/kg (trä, /2/). Förbränningshastigheten för maskinbränder antas vara 0,04 kg/m^{2}s (olja, /2/) och för övriga bränder 0,014 kg/m^{2}s (trä, /2/).

Ingen hänsyn tas till strålning från rökgaslagret när brandspridningen beräknas.

I /7/ anges att trä eller träbaserade material i det fria antänder spontant om de utsätts för strålningsnivån 30 kW/m^2. I samma publikation anges också att strålningsnivån vid antändning kan vara betydligt lägre. 13 kW/m^2 anges som ett lägsta gränsvärde. Med ledning av dessa två strålningsnivåer antas att den infallande strålningen mot ett brännbart objekt i kallvalsverket måste vara 20 kW/m^2 eller mer för att objektet skall antända. Vid antändning av fasta material har även tiden som materialet utsätts för strålningen betydelse. I denna analys tas dock inte hänsyn till detta utan kriteriet för att brand skall uppstå i en maskin eller föremål är att den infallande strålningen uppgår till 20 kW/m^2.

Eftersom bränderna antogs vara cirkulära kan följande ekvation som beskriver flamhöjden användas /12/:

Ekvation 5

$$l = 0{,}23 \cdot Q_c^{2/5} - 1{,}02 \cdot D$$

I Ekvation 5 innebär l flamlängden (meter), Q_c är den avgivna värmeeffekten (kW) och D är brandens diameter (meter).

Strålningen mot en punkt på ett visst avstånd från brandens centrum räknas ut genom att flamman antas vara rektangulär med höjden som räknades ut med Ekvation 5 och bredden som användes som diameter i Ekvation 5. Den emitterade energi från denna rektangel kan då beräknas som /12/:

Ekvation 6

$$E = 0{,}5 \cdot \left(\frac{0{,}3 \cdot Q_c}{l \cdot D} \right)$$

E är den emitterad energi per kvadratmeter (kW/m^2), l är flamhöjden (meter), D är flammans bredd (meter) och Q_c är den totala värmeeffekten (kW).

För att beräkna den infallande strålningen mot en punkt på godtyckligt avstånd från brandens centrum används den så kallade synfaktorn.

Ekvation 7

$$q_r'' = \phi \cdot E$$

Synfaktorn symboliseras med ϕ och kan fås från t.ex. tabeller i /12/.

Genom att använda metodiken som precis beskrivits kan ett avstånd från centrum av branden till den punkt där strålningen uppgår till 20 kW/m^2 räknas ut för varje objekt i de olika områdena. Dessa beräkningar fungerar sedan som riktlinjer då brandspridningen mellan olika objekt skall bedömas, d.v.s. sannolikheten att branden blir medelstor eller stor.

4. Räddningstjänstens ingripande

I händelsträdet (se bilaga 1), som beskriver analysmodellen, representeras räddningstjänstens insats med en sannolikhet att släcka branden. Att räddningstjänsten släcker branden innebär att branden släcks i det område den uppstod. Om branden uppstått i en maskin och den varit av medelstor eller stor karaktär innebär det att maskinen är skadad och måste repareras. Reparationskostnaden har bedömts till 10% av inköpspriset (se kapitel 7).

Om däremot räddningstjänsten misslyckas med att släcka branden betyder det att branden (om den har potential att bli stor) växer tills den har involverat hela det område i vilken den uppstod. För att beräkna sannolikheten att räddningstjänsten släcker en brand som är på väg att spridas till hela initialområdet analyseras i detta kapitel hur snabb det kan förväntas att räddningstjänsten kan angripa branden samt hur snabbt det kan förväntas att branden växer.

Området har ingen egen industribrandkår. Den snabbaste insatsen kan normalt ske cirka 10 minuter efter larm, då Eskilstuna räddningstjänst beräknas anlända. Larmet går automatiskt till räddningstjänsten då brandlarmet eller något av de fasta släcksystemen har utlöst.

Räddningstjänstens insats karaktäriseras av tiden från brandstart till första rökdykargruppen kan applicera vatten på branden. Denna tid räknas ut som summan av tre tider, tiden från det att branden startar till dessa att räddningstjänsten lämnar brandstationen (larmtiden), körtiden till kallvalsverket och tiden det tar för första rökdykargruppen att förflytta sig till branden.

4.1. Larmtid

I de fall branden uppstår i ett område som inte är försett med automatiskt släcksystem eller detektionssystem antas tiden till brandens upptäckt bero av persontätheten och siktbarheten. Med siktbarhet menas hur öppen lokalen är, d.v.s. om brandcellen innefattar många smårum är siktbarheten låg eftersom en brand kan utvecklas ostört i rummet utan att någon luktar eller ser röken.

För vart och ett av områdena i byggnaden bedöms siktbarhet och persontäthet. Faktorerna poängsätts mellan 1 och 3 där 1 är sämst och 3 bäst. Vägledning för poängsättningen ges nedan:

Persontäthet

1) Låg persontäthet. Personer vistas endast tillfälligt i lokalen. Lokalen är troligtvis någon typ av förråd.
2) Lokalen utgör arbetsplats för ett antal personer, men alla delar av lokalen är inte konstant bemannade.
3) Personer vistas konstant i hela lokalen (utom möjligtvis vid pauser i arbetet).

Siktbarhet

1) Det finns många dolda utrymmen och rum där personer normalt inte vistas. Huvuddelen av området består av mindre utrymmen.
2) Stora delar av lokalen är öppen, men viss rumsindelning förekommer. Även skymda ytor (p.g.a. till exempel lagerhyllor) förekommer.
3) Lokalen är öppen och röken från en brand kan lätt upptäckas från i princip alla positioner i lokalen.

Persontätheten bedöms vara den variabel som innebär störst effekt på tiden till att branden upptäcks.

		Persontäthet		
		1	**2**	**3**
Siktbarhet	**1**	*5 MW*	*3 MW*	*1 MW*
	2	*4 MW*	*2,4 MW*	*0,8 MW*
	3	*3 MW*	*1,8 MW*	*0,6 MW*

Tabell 10 Brandeffekt vid vilken branden inte kan förbli oupptäckt.

Genom att bedöma vid vilken maximal effektutveckling som branden fortfarande kan vara oupptäckt (beroende av kombinationen siktbarhet och persontäthet), kan den maximala tiden till upptäckt för de olika brandtillväxthastigheterna Snabb och Medelsnabb beräknas, resultatet visas i Tabell 11. Bedömningen av vid vilka brandeffekter som bränderna upptäcks redovisas i Tabell 10.

Maximal brandeffekt då någon upptäcker branden (MW)	**Tid till upptäckt vid *snabb* brandtillväxt (s)**	**Tid till upptäckt vid *medelsnabb* brandtillväxt (s)**
5	330	654
4	295	585
3	255	506
2.4	228	453
1.8	198	392
1	147	292
0.8	132	261
0.6	114	226

Tabell 11 Tid till personalen upptäcker branden.

Genom att kombinera Tabell 10 och Tabell 11 kan den *maximala* tiden då en brand kan förbli oupptäckt räknas ut. Den kortaste tiden som en brand förblir oupptäckt uppskattas till 30 s. Detta innebär att för varje kombination av persontäthet och siktbarhet så kan den kortaste och längsta tiden till brandupptäckt räknas ut.

Bedömningar av persontäthet, siktbarhet samt den maximala brandeffekt som kan utvecklas utan att personalen blivit varse branden i de olika områdena redovisas i Tabell 12.

Område	**Siktbarhet**	**Persontäthet**	**Maximal brandeffekt utan upptäckt (MW)**
1, Uppklippning	3	2	1,8
2, Skärverk 3	3	2	1,8
3, Sendzimirvalsverken	2	2	2,4
4, Linje 55 och 60	1	2	3
5, Bandslipen	2	2	2,4
6, Övriga utrymmen			
Oljerum	3	1	3
Motorrum 1	1	2	3
Motorrum 2	1	2	3
Valsslip 1	3	2	1,8
Valsslip 2	3	2	1,8

Tabell 12 Siktbarhet, Persontäthet samt maximal brandeffekt utan upptäckt för de olika områdena.

Efter att personalen har upptäckt branden antas det att de ringer SOS och meddelar att det brinner. Tiden från upptäckt av brand, via brandlarm eller personal, tills räddningstjänsten lämnar brandstationen bedöms till 180 sekunder. I Tabell 13 redovisas den kortaste och den längsta larmtiden (tiden från brandstart till räddningstjänsten lämnar brandstationen) för snabb respektive medelsnabb brand i de olika områdena. Den kortaste larmtiden fås genom att summera 180 sekunder (tiden från upptäckt av brand tills räddningstjänsten lämnar brandstationen) med 30 sekunder (den kortaste tiden då brand kan upptäckas). Den längsta larmtiden fås genom att summera den längsta tiden till upptäckt av brand (som fås via Tabell 11 och Tabell 12) med 180 sekunder.

Brandkälla	Längsta larmtiden (s)	Kortaste larmtiden (s)
Område 1, Uppklippning		
Glättvalsverk	378	210
Skärverk 1	378	210
Uppklippning	378	210
Övriga bränder	572	210
Område 2, Skärverk 3		
Skärverk 3	378	210
Övriga bränder	572	210
Område 3, Sendzimirvalsverken		
Sendzimirvalsverk 1	408	210
Sendzimirvalsverk 2	408	210
Banduppbyggnad	408	210
Övriga bränder	633	210
Område 4, Linje 55 och 60		
Linje 55		
Svets	435	210
Kallsticksverk, Z-high	435	210
Ugn	435	210
Linje 60		
Svets	435	210
Ugn	435	210
Övriga bränder	686	210
Område 5, Bandsliplinje		
Bandslipen	408	210
Övriga bränder	633	210
Område 6, Övriga utrymmen		
Oljerum	405	210
Motorrum 1	686	210
Motorrum 2	686	210
Valsslip 1	572	210
Valsslip 2	572	210

Tabell 13 Kortaste och längsta larmtid för de olika områdena och maskinerna.

4.2. Körtid

Att köra från brandstationen i Eskilstuna (vilken är den närmaste heltidsstationen) till kallvalsverket tar ungefär 10 minuter. I Torshälla (vilket ligger närmare Nyby än Eskilstuna) finns en deltidsbrandkår, vilken troligtvis kan vara på plats snabbare än Eskilstuna. I analysen antas dock att denna deltidskår inte inleder rökdykning innan räddningstjänsten i Eskilstuna kommit till platsen, men däremot antas att de förbereder för en rökdykarinsats, vilket minskar inträngningstiden för Eskilstunas rökdykare.

Den minsta respektive maximala körtiden från brandstationen i Eskilstuna till Kallvalsverket presenteras i Tabell 14.

Minsta körtid	Maximal körtid
600 sekunder	780 sekunder

Tabell 14 Uppskattade körtider från brandstation till kallvalsverk.

4.3. Rökdykarinsats

Vid en liten brand, antingen i en maskin eller i övrigt material antas rökdykarna med lätthet kunna lokalisera och släcka branden. Om däremot branden är större, men begränsad till en maskin eller ett annat stort objekt kommer troligtvis rökutvecklingen att vara omfattande, vilket kan leda till problem för rökdykarna. Huruvida räddningsledaren väljer att satsa på en invändig släckning eller ej har i analysen ingen betydelse för skadeutgången då branden är av medelstor karaktär, eftersom skadorna på maskinen antas uppkomma inom 10 minuter efter brandstart och alltså redan uppkommit då räddningstjänsten kommer till platsen.

Då en brand som har potential att växa sig så stor att den kan förstöra ett helt område uppkommit, får räddningstjänstens insats betydelse för skadeutgången. Räddningstjänstens totala insatstid (d.v.s. tiden från brandstart tills rökdykarna kan applicera vatten/skum på branden) jämförs då med tiden som det tar innan branden utvecklar en effekt som är större än 11 MW. 11 MW har valts som ett gränsvärde för vad rökdykarna klarar att släcka med ett strålrör (se /1/). Insatstiden (t_{Insats}) jämförs med tiden som det tar innan branden utvecklar 11 MW (t_{11MW}). Om t_{Insats} är mindre än t_{11MW} släcks branden, men om t_{11MW} är större än t_{Insats} betraktas släckförsöket som misslyckat och räddningstjänsten koncentrerar sig på att begränsa brandens omfattning till området den uppstod i.

Tiden från det att brandbilarna nått fram till kallvalsverket till dess att rökdykarna kan applicera vatten på branden är svår att bedöma. Denna tid beror till stor del på var branden uppkommit och på hur god sikten är i byggnaden. Om branden uppkommit i något av de mindre rummen i område 6 (valsslip mm.) antas att tiden blir relativt kort, men om branden uppstår i t.ex. Skärverk 1 så kommer den rökmängd som producerats under de dryga 10 minuter som förlöpt sedan branden började att göra det mycket svårt och farligt för rökdykarna att hitta branden.

I Tabell 15 redovisas bedömningar av den kortaste och längsta tiden för rökdykarna att nå fram till branden.

Brandkälla	**Kortast tid för rökdykare att lokalisera branden (sekunder)**	**Längsta tid för rökdykare att lokalisera branden (sekunder)**
Område 1, Uppklippning		
Glättvalsverk	180	420
Skärverk 1	180	420
Uppklippning	180	420
Övriga bränder	120	480
Område 2, Skärverk 3		
Skärverk 3	120	360
Övriga bränder	120	300
Område 3, Sendzimirvalsverken		
Sendzimirvalsverk 1	180	420
Sendzimirvalsverk 2	120	300
Banduppbyggnad	120	300
Övriga bränder	120	420
Område 4, Linje 55 och 60		
Linje 55		
Svets	180	600
Kallsticksverk, Z-high	180	600
Ugn	240	660
Linje 60		
Svets	180	600
Ugn	240	660
Övriga bränder	120	660
Område 5, Bandsliplinje		
Bandslipen	60	240
Övriga bränder	60	360
Område 6, Övriga utrymmen		
Oljerum	120	300
Motorrum 1	100	300
Motorrum 2	100	300
Valsslip 1	60	260
Valsslip 2	60	260

Tabell 15 Tidsåtgång för rökdykare att hitta branden.

4.4. Sannolikheten att räddningstjänsten släcker branden

Med hjälp av Tabell 13, 8 och 9 kan intervallet för den totala insatstiden beräknas. Detta intervall redovisas i Tabell 16. Med den totala insatstiden menas tiden från brandstart till dess att första rökdykargruppen applicerar vatten på branden.

Insatstiden (t_{Insats}) antas i 25% av fallen anta det minsta värdet, i 50% av fallen medelvärdet och i 25% av fallen det maximala värdet (se Tabell 16).

	Total tid, Min (s)	**Total tid, Medel (s)**	**Total tid, Max (s)**
Område 1, Uppklippning			
Glättvalsverk	990	1284	1578
Skärverk 1	990	1284	1578
Uppklippning	990	1284	1578
Övriga bränder	930	1381	1832
Område 2, Skärverk 3			
Skärverk 3	930	1224	1518
Övriga bränder	930	1291	1652
Område 3, Sendzimirvalsverken			
Sendzimirvalsverk 1	990	1299	1608
Sendzimirvalsverk 2	930	1209	1488
Banduppbyggnad	930	1209	1488
Övriga bränder	930	1382	1833
Område 4, Linje 55 och 60			
Linje 55			
Svets	990	1403	1815
Kallsticksverk, Z-high	990	1403	1815
Ugn	1050	1463	1875
Linje 60			
Svets	990	1403	1815
Ugn	1050	1463	1875
Övriga bränder	930	1528	2126
Område 5, Bandsliplinje			
Bandslipen	870	1149	1428
Övriga bränder	870	1322	1773
Område 6, Övriga utrymmen			
Oljerum	930	1208	1485
Motorrum 1	910	1338	1766
Motorrum 2	910	1338	1766
Valsslip 1	870	1241	1612
Valsslip 2	870	1241	1612

Tabell 16 Största, minsta samt medelvärdet som t_{Insats} kan anta för olika bränder i byggnaden.

I bilaga 2 presenteras tabeller som visar brandens omfattning då räddningstjänsten börjar släckinsatsen. Eftersom räddningstjänstens insatstid (t_{Insats}) kan variera mellan tre värden beroende på var det brinner i kallvalsverket kommer sannolikheten att räddningstjänsten släcker branden kunna räknas ut som summan av sannolikheten för de fall då en lyckad släckning erhålls. Till exempel kan det vara så att vid brand i Sendzimirvals 1 så släcker räddningstjänsten branden endast de gånger som den kortaste insatstiden infaller. I så fall blir sannolikheten att räddningstjänsten släcker branden lika med 25% eftersom det är sannolikheten att den kortaste insatstiden uppnås vid en brand.

Sannolikheten att räddningstjänsten släcker en brand bedöms aldrig kunna bli 100% och inte heller 0%, varför 95% och 5% sätts som gränser för räddningstjänstens sannolikhet att släcka en brand. Med andra ord, beroende på räddningstjänstens insatstid och brandens

tillväxthastighet kan sannolikheten för att räddningstjänsten släcker branden variera mellan 5 och 95 procent.

Med hjälp av fördelningen av insatstiden (se Tabell 16) kan de tre nedersta raderna i tabellerna som är placerade i bilaga 2 fyllas i. De övriga värdena i tabellerna kommer från kapitel 3 och 6.

	P(Brandförsvar / Stor brand)
Område 1, Uppklippning	
Glättvalsverk	0,95
Skärverk 1	0,95
Uppklippning	0,95
Övriga bränder	0,95
Område 2, Skärverk 3	
Skärverk 3	0,95
Övriga bränder	0,95
Område 3, Sendzimirvalsverken	
Sendzimirvalsverk 1	0,2
Sendzimirvalsverk 2	0,05
Banduppbyggnad	0,95
Övriga bränder	0,95
Område 4, Linje 55 och 60	
Linje 55	
Svets	0,95
Kallsticksverk, Z-high	0,2
Ugn	0,95
Linje 60	
Svets	0,95
Ugn	0,95
Övriga bränder	0,95
Område 5, Bandsliplinje	
Bandslipen	0,7
Oljerummet	0,7
Övriga bränder	0,95
Område 6, Övriga utrymmen	
Oljerum	0,89 (0,79)
Motorrum 1	0,95 (0,85)
Motorrum 2	0,95 (0,85)
Valsslip 1	0,95
Valsslip 2	0,95
Pallager	0,7

Tabell 17 Sannolikheten att räddningstjänsten släcker branden innan området där branden uppstått betraktas som totalförstört.

I Tabell 17 presenteras sannolikheten att räddningstjänsten släcker en stor brand för samtliga områden och bränder. Om en sannolikhet står placerad inom parentes betyder det att den gäller i de fall som rökdetektorerna inte fungerar.

5. Personalens ingripande

I händelseträdet för brand i byggnaden (se bilaga 1) representeras personalens insats genom sannolikheten att släcka branden. Om branden som uppstår är liten finns inte personalens påverkan med i händelseträdet. Detta beror på att personalens insats i det fallet inte kan ändra utgången av branden. Den lilla branden orsakar endast mycket lite skada och även om personalen släcker en liten brand (den hinner alltså inte slockna av sig själv) så antas inte utgången (skadekostnaden) ändras.

Personalen i kallvalsverket har tillgång till släckutrustning i form av fasta installationer (slangrullar med lättvatten) och handbrandsläckare. Sannolikheten att personalen släcker en stor eller medelstor brand innan den hinner förstöra materiel i någon större omfattning antas bero av fyra faktorer: personalens utbildning, persontäthet, siktbarhet och tillgången till släckutrustning. Skillnad görs på om branden uppstår i en maskin eller i övrigt material.

5.1. Maskinbränder

Sannolikheten att personalen släcker en brand i en maskin beror på om det normalt finns personal närvarande vid maskinen och på hur stor och komplex maskinen är. Fasta släcksystem som utlöses manuellt omfattas inte av detta avsnitt, utan betraktas som automatiska, men med lite lägre funktionssannolikhet än ett vanligt automatiskt släcksystem. Sannolikheten att personalen släcker en stor eller medelstor brand i en maskin finns redovisat i Tabell 18. P(Pers / Ma(i)) betyder ”sannolikheten att personalen släcker en branden, givet att den uppkommit i maskin i”, där (i) är ett namn på en maskin.

Brandkälla, Maskin (i)	**P(Pers / Ma(i))**
Område 1, Uppklippning	
Glättvalsverk	0,5
Skärverk 1	0,5
Uppklippning	0,7
Område 2, Skärverk 3	
Skärverk 3	0,8
Område 3, Sendzimirvalsverken	
Sendzimirvalsverk 1	0,5
Sendzimirvalsverk 2	0,5
Banduppbyggnad	0,6
Område 4, Linje 55 och 60	
Linje 55	
Svets	0,8
Kallsticksverk, Z-high	0,6
Ugn	0,7
Linje 60	
Svets	0,8
Ugn	0,7
Område 5, Bandsliplinje	
Bandslipen	0,6
Oljerum	0,5
Område 6, Övriga utrymmen	
Oljerum (Sendzimirvalsar)	0,5 (0,4)
Motorrum 1 och 2	0,85 (0,6)
Valsslip 1 och 2	0,8
Pallager	0,7

Tabell 18 Sannolikheten att personalen släcker en brand i de olika maskinerna.

Sannolikheter som är placerade inom parentes i Tabell 18 gäller endast då brandlarmet i dessa utrymmen inte fungerar.

5.2. Övrigt material

Sannolikheten att personalen släcker en brand som uppkommer i övrigt material påverkas av personalens utbildning, släckutrustning, persontäthet och siktbarhet.

Personalens utbildning i brandsläckning är likvärdig i hela byggnaden, varför denna variabel endast påverkar absolutvärdet av sannolikheten att personalen släcker branden.

De övriga variablerna poängsätts efter kriterierna nedan:

Släckutrustning

1) Inga rutiner för kontroll av handbrandsläckare. Mer än 25 meter till närmaste handbrandsläckare. Blockerade släckare eller slangrullar.
2) Rutiner för kontroll av handbrandsläckare. Släckutrustning tillgänglig inom 25 från varje plats i lokalen. Handbrandsläckare och brandposter är väl utmärkta och synliga.
3) Goda rutiner för kontroll av handbrandsläckare. Intern kontroll av att handbrandsläckare finns på utmärkta platser. Handbrandsläckare utplacerade i närhet av maskiner, speciellt sådana där brandrisken av erfarenhet är stor. Flera olika typer av handbrandsläckare där så är nödvändigt.

Persontäthet

1) Låg persontäthet. Personer vistas endast tillfälligt i lokalen. Lokalen är troligtvis någon typ av förråd.
2) Lokalen utgör arbetsplats för ett antal personer, men alla delar av lokalen är inte konstant bemannade.
3) Personer vistas konstant i hela lokalen (utom möjligtvis vid pauser i arbetet).

Siktbarhet

1) Det finns många dolda utrymmen och rum där personer normalt inte vistas. Huvuddelen av området består av mindre utrymmen.
2) Stora delar av lokalen är öppen, men viss rumsindelning förekommer. Även skymda ytor (p.g.a. till exempel lagerhyllor) förekommer.
3) Lokalen är öppen och röken från en brand kan lätt upptäckas från i princip alla positioner i lokalen.

Område	Siktbarhet	Persontäthet	Släckutrustning
1, Uppklippning	3	2	2
2, Skärverk 3	3	2	2
3, Sendzimirvalsverken	2	2	3
4, Linje 55 och 60	1	2	2
5, Bandslipen	2	2	3
6, Övriga utrymmen			
Oljerum	3	1	2
Motorrum 1	1	2	2
Motorrum 2	1	2	2
Valsslip	3	2	2
Pallager	2	1	2

Tabell 19 Bedömning av siktbarhet, persontäthet och släckutrustningens kvalité för de olika områdena.

Poängsättningen för de olika områdena finns redovisad i Tabell 19. Sannolikheten att personalen släcker en uppkommen brand beräknas genom Ekvation 8. P(Pers / $Öv_{O(k)}$) betyder ”sannolikheten att personalen släcker en brand som uppkommit i övrigt material i område k”.

Ekvation 8

$$P(Pers / Öv_{O(k)}) = f_I + f_{Sl} + f_{Si}$$

Värdena på f_P, f_{Sl} och f_{Si} i Ekvation 8 kan fås från Tabell 20, Tabell 21 och Tabell 22.

Persontäthet	f_P
1	0,1
2	0,2
3	0,4

Tabell 20 Värdet f_P beroende på persontätheten.

Släckutrustning	f_{Sl}
1	0,05
2	0,1
3	0,2

Tabell 21 Värdet f_{Sl} beroende på Släckutrustningen.

Siktbarhet	f_{Si}
1	0,05
2	0,1
3	0,2

Tabell 22 Värdet f_{Si} beroende på Siktbarheten

P(Pers / $Öv_{O(i)}$) kan som mest anta värdet 0,8 och som minst värdet 0,2.

I Tabell 23 finns sannolikheten för att personalen släcker branden uträknad för samtliga utrymmen.

Område (i)	**P(Pers / Öv$_{O(k)}$)**
1, Uppklippning	0,5
2, Skärverk 3	0,5
3, Sendzimirvalsverken	0,5
4, Linje 55 och 60	0,35
5, Bandslipen	0,5

Tabell 23 Sannolikheten att personalen släcker en brand (stor eller medelstor) som uppkommit utanför maskinerna.

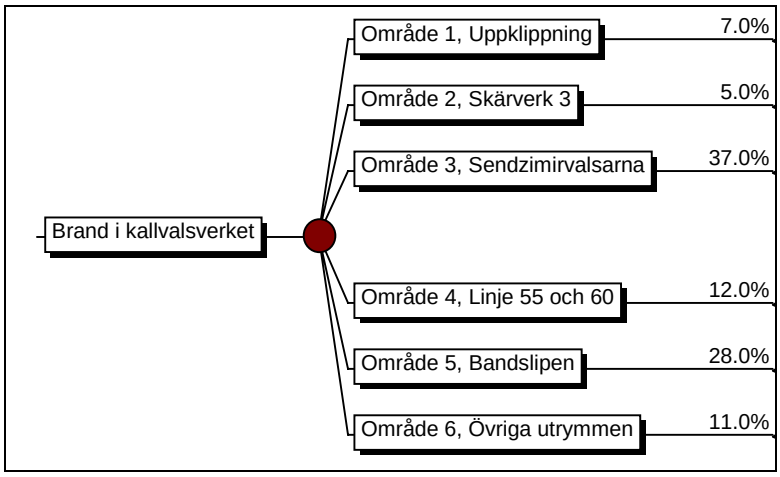
Sannolikheten att personalen släcker en brand i övrigt material kan tyckas låg i vissa fall. Det är dock viktigt att komma ihåg att dessa sannolikheter gäller för bränder som har potential att bli medelstora eller stora, d.v.s. det är inte en brand i en papperskorg, utan snarare i t.ex. en träpallstapel.

6. Brandcenarier

De olika brandscenarier som kan uppkomma presenteras i ett händelseträd (se bilaga 1). Händelseträdet är uppbyggt från en starthändelse som i detta fallet är brand i kallvalsverket. Från starthändelsen finns sedan möjlighet att branden utvecklar sig på olika sätt, vilka vissa är mer sannolika än andra. Detta visas genom att alla grenar som leder ut (åt höger) från en sannolikhetsnod (fylld cirkel i figuren) är försedda med sannolikheter. Summan av sannolikheterna som leder ut från en nod är alltid 100%.

6.1. Fördelning av bränder

Den första noden i händelseträdet visar fördelningen av bränder i byggnaden, d.v.s. hur stor sannolikhet det är att en brand uppkommer i ett visst område givet att brand uppkommit i byggnaden. Det är inte troligt att en brand kommer att uppstå i alla områden under ett år, eller till och med under en tioårsperiod. Fördelningen av bränder innebär att om byggnaden existerade under en väldigt lång tid (t.ex. mer än 100 år) med samma verksamhet skulle den relativa frekvensen av uppkomna bränder i de olika utrymmena vara samma som den angivna fördelningen av bränder.



Figur 5 Fördelningen av bränder, den första sannolikhetsnoden i händelseträdet för brand i kallvalsverket

I Figur 5 kan fördelningen av bränder i kallvalsverket ses. I avsnitt 3.3 förklaras hur denna fördelning skattas. Den sannolikhet som är förknippad med varje gren i figuren är sannolikheten att branden uppstår i det området, givet att brand har uppstått i byggnaden.

6.2. Brandlarmets tillförlitlighet

I vissa utrymmen där personer normalt inte vistas och där tidig upptäckt av brand är viktig betyder brandlarmets tillförlitlighet mycket för utgången av en uppkommen brand. I bilaga 1 finns sannolikhetsnoder som representerar brandlarmets funktion, och det kan ses att om inte brandlarmet fungerar minskar personalens och räddningstjänstens chanser att släcka branden.

I denna rapport har brandlarmets tillförlitlighet antagits till 0,96 per behov. I en liknande rapport som behandlade ABB Automation Products (Johansson /4/) antogs tillförlitligheten till 0,98 per behov. Orsaken till att tillförlitligheten bedömts som lägre i detta fall är att systemet på Avesta Sheffield endast är ett delskydd (d.v.s. hela anläggningen är inte skyddad) och att kvalitén och underhållet av larmet bedömts som mindre än i ABB studien.

6.3. Sprinklersystemens tillförlitlighet

I byggnaden finns en del maskiner som är försedda med sprinklersystem (automatiska eller manuella). Tillförlitligheten hos de automatiska systemen antas i allmänhet vara högre.

För automatiska vattensprinklersystem i maskiner antas en tillförlitlighet på 0,96 per behov.

För manuella vattensprinklersystem i maskiner antas en tillförlitlighet på 0,94 per behov.

För koldioxidsprinkler i maskiner antas en tillförlitlighet på 0,95 per behov.

Tillförlitlighet definieras i detta sammanhang som sannolikheten att sprinklersystemet utlöser och släcker branden. Om sprinklersystemet fungerar som det är tänkt antas det att inga skador uppstår på maskinen i fråga.

6.4. Brandeffektutveckling

I alla bränder som klassats som liten brand är brandeffekten obetydlig.

I bränder som är av medelstor karaktär har inte heller brandeffekten någon större roll eftersom en medelstor brand, per definition, är en brand som inte sprider sig från det första brinnande föremålet. Då en medelstor brand uppstår i en maskin skulle brandeffekten kunna vara av intresse om det fanns ett kriterium för vid vilken brandeffekt som maskinen gick sönder. I denna rapport betraktas dock alla maskiner där en medelstor brand uppstått och inga automatiska system eller personalen släckt branden som skadade och måste repareras. Ingen hänsyn tas alltså till räddningstjänstens insats när det gäller att rädda maskinen i vilken branden uppstått i. Detta beror på den långa insatstiden (minst 14,5 minuter). Efter så lång tid med en konstant växande brand anses det mindre sannolikt att maskinerna är oskadda.

I de fall då en stor brand uppstår är dock effektutvecklingen av stor betydelse. Tiden tills branden utvecklar effekten 11 MW /1/ jämförs nämligen med räddningstjänstens insatstid. Om räddningstjänstens insatstid är kortare än tiden det tar för branden att utveckla 11 MW betraktas branden som släckt, men om insatstiden är längre lyckas inte räddningstjänsten släcka branden i området där den uppstått och för då koncentrera sig på att begränsa utbredningen av branden.

I denna rapport används två modeller för brandtillväxt. När det handlar om initialföremålet används den så kallade α-t^2 modellen, vilken innebär att brandeffekten antas vara proportionell mot tiden från brandstart i kvadrat (se Ekvation 9).

Ekvation 9

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

Där

Q = Brandeffekt (kW)
t = Tid från brandstart (s)
α = Tillväxthastighet (kW/s^2)

Den andra modellen som används är hämtad från Ramachandran /5/ och innebär att i stället för att karaktärisera brandtillväxten med brandeffekten används brandens area (eller brandskadad area).

Ekvation 10

$$A(T) = A(0) \cdot e^{(\beta_A \cdot t_A + \beta_B \cdot t_B)}$$

där

$A(T)$ = Total brandskadad area. (m^2)
$A(0)$ = Initialbrandens area. (m^2)
t_A = Tiden från antändning till räddningstjänstens ankomst. (s)
t_B = Tiden från räddningstjänstens ankomst tills branden är under kontroll. (s)
β_A = Tillväxtparameter under tiden då branden kan växa utan räddningstjänsten närvarande. (1/s)
β_B = Tillväxtparameter under tiden då räddningstjänsten släcker. (1/s)

Ramachandran /5/ har använt uppgifter från riktiga bränder för att beräkna β_A och β_B för ett antal olika industrier, bland annat metalltillverkande industri, vilket kallvalsverket skulle kunna beskrivas som. β_A för metalltillverkande industri där branden uppkommit i produktionslokalen är 0,033 1/s och β_B är 0,026 1/s.

Förhållandet mellan β och den så kallade dubbleringstiden (tiden som det tar för en brand att dubblera sin utbredning) beskriv av Ekvation 11.

Ekvation 11

$$d = (1/\beta) \cdot \ln(2)$$

där

d = Dubbleringstiden (s)
β = Tillväxtparameter (1/s)

Detta innebär att för metalltillverkande industrier så är dubbleringstiden 21 minuter under tiden då räddningstjänsten inte är på plats och 26,6 minuter under tiden då räddningstjänsten inlett släckningsarbetet.

I denna rapport kommer endast β_A och t_A i Ekvation 9 att användas, d.v.s. ekvationen kommer endast att användas för att beskriva brandens utveckling då räddningstjänsten inte finns på plats. När väl räddningstjänsten kommit på plats anses branden kunna släckas om brandeffekten underskrider 11 MW /1/. Om brandeffekten överstiger 11 MW kan inte räddningstjänsten släcka branden direkt och det antas då att hela området där branden uppstod är förstört.

I Ekvation 9 måste A(0), initialbrandens area, skattas. För att göra detta används de effekter som bedömts i Tabell 6 som en beskrivning av initialbrandens storlek. För att översätta brandeffekt (kW) till area (m^2) används 500 kW/m^2 (Butcher /8/) som en approximation av hur stor effekt som utvecklas per kvadratmeter. Butcher anges 500 kW/m^2 som en rimlig

approximation av brandeffekten per kvadratmeter, givet att det inte är brännbara vätskor som brinner. I kallvalsverket kan det tänkas att brännbara vätskor i maskinerna fatar eld och i så fall kan effektutvecklingen bli större än 500 kW/m^2. Vid en brand i en maskin är det inte troligt att hela maskinens golvarea (sett uppifrån) deltar i branden (utläckande olja samlas troligtvis i håligheter). På grund av detta anses den maximala brandeffekten när en maskin brinner kunna representeras med 500 kW/m^2 räknat på maskinens *totala golvarea*.

Först antas en initialbrand följa effektutvecklingen enligt Ekvation 9 upp till den maximala brandeffekt som angivits i Tabell 6 eller Tabell 9. När denna brandeffekt har nåtts antas den fortsatta brandutvecklingen ske enligt Ekvation 11. Den brandarea som motsvarar den maximala brandeffekten hos initialföremålet (brandeffekten per kvadratmeter är 500 kW/m^2) används som A(0) i Ekvation 11 för att beräkna det fortsatta brandförloppet.

I Tabell 16 redovisas räddningstjänstens största, minsta samt medelvärde av insatstiden. Medelvärdet av insatstiden antas uppkomma i 50% av fallen och det största och minsta värdet i 25% vardera. Om räddningstjänstens insatstid är kortare än tiden det tar för branden att nå den maximala brandeffekten hos initialföremålet betyder det att räddningstjänsten hunnit till platsen innan branden spridit sig till andra föremål. I modellen betyder det att Ekvation 10 inte behöver användas.

Tiden då en initialbrand övergår till att utvecklas enligt Ekvation 10 kallas $t_{Initial}$ och beräknas genom Ekvation 12.

Ekvation 12

$$t_{Initial} = \sqrt{\frac{Q_{Max}}{\alpha}}$$

där

Q_{Max} = Den maximala brandeffekt som utvecklas i initialföremålet (kW).
$t_{Initial}$ = Tiden tills initialbranden sprids till andra föremål (s).
α = Brandens tillväxthastighet (kW/s^2).

Om inte räddningstjänsten kommit till platsen då initialbranden når sin maximala effekt ($t_{Insats} > t_{Initial}$) används Ekvation 10 för att beskriva brandförloppet fram till räddningstjänstens ankomst. Effektutvecklingen beräknas genom att använda Ekvation 10, men i stället för att använda area används brandeffekt. Brandeffekterna räknas ut genom antagandet att en kvadratmeter utvecklar 500 kW när den brinner. Ekvation 10 kan då skrivas om som Ekvation 13.

Ekvation 13

$$Q(t_{Insats}) = Q(t_{Initial}) \cdot e^{(\beta_A \cdot (t_{Insats} - t_{Initial}))}$$

där
Q = Brandeffekt (kW).
t_{Insats} = Räddningstjänstens totala insatstid (minuter).
$t_{Initial}$ = Tiden tills föremålet där branden uppstått sprider sig till andra föremål (s).
β_A = Tillväxtparameter under tiden då räddningstjänsten inte kommit till platsen (1/s).

Med hjälp av Ekvation 13 kan brandeffekten då räddningstjänsten börjar släckinsatsen räknas ut. Om denna effekt är större än 11 MW betraktas området som totalförstört, om effekten är mindre antas räddningstjänsten inleda släckningsarbetet (se avsnitt 6.5) och begränsa spridningen av branden till det område där den uppkommit.

I bilaga 2 redovisas brandens area då räddningstjänsten kommer till platsen för samtliga typer av initialbränder. Med hjälp av fördelningen mellan de olika typerna av bränder, samt räddningstjänstens insatstid kan sannolikheten för att räddningstjänsten släcker en stor brand i ett visst föremål räknas ut. Dessa sannolikheter presenteras i Tabell 17.

6.5. Brandspridning mellan områden

Om räddningstjänsten inte lyckas släcka branden innan hela området där den började förstörts finns det risk att branden sprider sig till andra utrymmen. För att beräkna sannolikheten för brandspridning mellan de olika områdena används följande modell:

Om stor brand har uppkommit i något område så finns det en viss sannolikhet att branden sprider sig till andra områden. Denna spridningssannolikhet beror av kvalitén på de brandavskiljande konstruktionerna mellan de olika områdena. Då spridningssannolikheterna har bedömts har även hänsyn till räddningstjänstens möjlighet att hjälpa till samt mängden brännbart material i de olika områden tagits.

Sannolikheten för att en brandavskiljande konstruktion skall hindra brand från att spridas bedöms för alla väggar (inklusive dörrar mm.) som skiljer olika områden från varandra. Dessa bedömningar redovisas i Tabell 24. Vägledning vid denna bedömning har erhållits från avsnittet om brandtekniska konstruktioners tillförlitlighet i Johansson /1/.

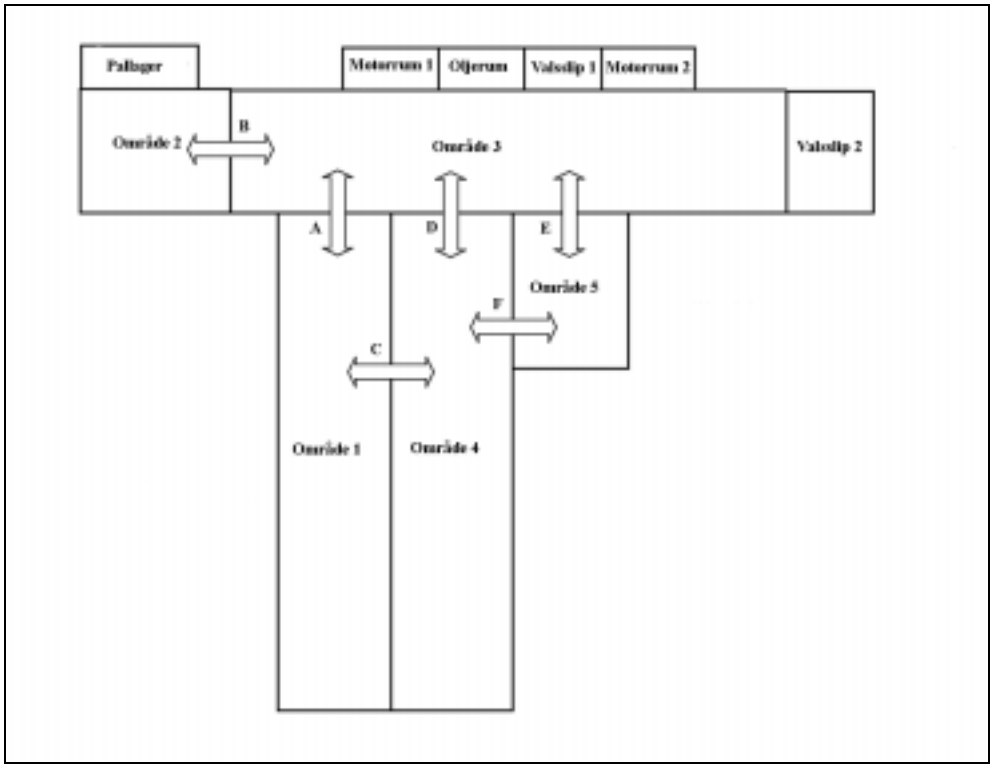
Kostruktions-beteckning	**Utrymmen mellan vilken konstruktionen är placerad**		**Sannolikheten för brandgenombrott**
A	Område 1	Område 3	0,2
C	Område 1	Område 4	0,1
B	Område 2	Område 3	0,05
	Område 2	Pallager	0,3
D	Område 3	Område 4	0,2
E	Område 3	Område 5	0,2
	Område 3	Motorrum 1	0,1
	Område 3	Motorrum 2	0,1
	Område 3	Valsslip 1	0,1
	Område 3	Valsslip 2	0,1
	Område 3	Oljerum	0,1
F	Område 4	Område 5	0,1

Tabell 24 Sannolikheten för brandgenombrott.

Byggnaden uppfattas som ett antal olika utrymmen mellan vilka brand endast kan spridas från ett utrymme till ett intilliggande utrymme, d.v.s. brand kan ej spridas direkt från t.ex. område 2 till Valsslip 2 utan måste först spridas till område 3 o.s.v.

Med hjälp av sannolikheterna för brandgenombrott i Tabell 24 kan 64 kombinationer av fungerarnde/icke fungerande brandavskiljande konstruktioner identifieras. Alla dessa kombinationer är förknippade med en sannolikhet, och beroende på var branden startat så kan även en kostnad (antal förstörda områden) identifieras.

Observera att ingen hänsyn tas till spridning av brand från område 2 eller 3 till något av utrymmena som är placerade i område 6. Detta beror på att de inte bidrar med några extra kostnader för Avesta Sheffield eftersom de dolda kostnaderna (se kapitel 7) inte ökar om brand sprids från t.ex. område 3 till motorrum 1. Däremot kan spridning av brand från område 2 eller 3 bidra med egendomskostnader som belastar försäkringsbolaget. Dessa kostnader medräknas inte då den förväntade skadekostnaden beräknas eller då riskprofilen ritas. Effekten på resultatet blir endast marginell eftersom kostnaderna för område 6 är små i förhållanden till resten av byggnaden och sannolikheten för spridning till dessa områden är liten. Orsaken till att kostnaderna för område 6 inte tas med i riskprofilen är att det skulle vara mycket svårt att hantera det händelseträd som skulle bli resultatet. Det händelseträd som nu används för spridningsanalysen har 64 sluthändelser, vilket går att hantera (se bilaga 4). Om däremot område 6 skulle tas med måste händelseträdet utvecklas till att omfatta 4096 sluthändelser, vilket är mycket svårt att hantera.



Figur 6 Byggnadsuppdelning och möjliga spridningsvägar.

I Tabell 25 finns sannolikheterna för de olika kombinationerna av intakta konstruktioner redovisade. Om en bokstav finns representerad på en viss rad betyder det att den aktuella konstruktionen är intakt, om bokstaven inte finns med uppfyller konstruktionen inte sin avskiljande funktion och alltså kan branden spridas genom den.

Observera att bara för att en konstruktion inte uppfyller sin brandavskiljande funktion behöver det inte betyda att brand sprids till utrymmet som är placerat vid konstruktionen. Om brand sprids till ett utrymme beror också på var branden börjar.

Kombination	A	B	C	D	E	F	Sannolikhet
1	A	B	C	D	E	F	0.393984
2	A	B	C	D	E		0.043776
3	A	B	C	D		F	0.098496
4	A	B	C	D			0.010944
5	A	B	C		E	F	0.098496
6	A	B	C		E		0.010944
7	A	B	C			F	0.024624
8	A	B	C				0.002736
9	A	B		D	E	F	0.043776
10	A	B		D	E		0.004864
11	A	B		D		F	0.010944
12	A	B		D			0.001216
13	A	B			E	F	0.010944
14	A	B			E		0.001216
15	A	B				F	0.002736
16	A	B					0.000304
17	A		C	D	E	F	0.020736
18	A		C	D	E		0.002304
19	A		C	D		F	0.005184
20	A		C	D			0.000576
21	A		C		E	F	0.005184
22	A		C		E		0.000576
23	A		C			F	0.001296
24	A		C				0.000144
25	A			D	E	F	0.002304
26	A			D	E		0.000256
27	A			D		F	0.000576
28	A			D			0.000064
29	A				E	F	0.000576
30	A				E		0.000064
31	A					F	0.000144
32	A						0.000016
33		B	C	D	E	F	0.098496
34		B	C	D	E		0.010944
35		B	C	D		F	0.024624
36		B	C	D			0.002736
37		B	C		E	F	0.024624
38		B	C		E		0.002736
39		B	C			F	0.006156
40		B	C				0.000684
41		B		D	E	F	0.010944
42		B		D	E		0.001216
43		B		D		F	0.002736
44		B		D			0.000304
45		B			E	F	0.002736
46		B			E		0.000304
47		B				F	0.000684
48		B					7.6E-05
49			C	D	E	F	0.005184
50			C	D	E		0.000576
51			C	D		F	0.001296
52			C	D			0.000144
53			C		E	F	0.001296
54			C		E		0.000144
55			C			F	0.000324
56			C				0.000036
57				D	E	F	0.000576
58				D	E		0.000064
59				D		F	0.000144
60				D			0.000016
61					E	F	0.000144
62					E		0.000016
63						F	0.000036
64							0.000004

Tabell 25 Beskrivning av sannolikheten för en viss kombination av intakta konstruktioner (se Figur 6).

Till exempel så sprids inte en brand som börjar i område 5 automatiskt till område 2 bara för att konstruktion B inte uppfyller den brandavskiljande funktionen. Det kan inträffa att branden hindras på vägen, t.ex. genom att konstruktion F och E är intakta och begränsar branden till område 5.

Vilka områden som drabbas för de olika kombinationerna i Tabell 25 måste bestämmas för varje startområde och varje kombination av fungerande konstruktioner.

7. Skadekostnader

Skador till följd av bränder redovisas i denna rapport i form av ekonomiska termer, d.v.s. hur mycket som en viss brand kostar Avesta Sheffield. Detta område är svårt, och många av de kostnadsbedömningar som presenteras är gjorda av författaren själv, vilket innebär att de är osäkra. Vid genomförandet av en analys som denna bör personer från marknadsförings- och ekonomiavdelningar vara med i arbetet och ge synpunkter på hur mycket de olika typerna av skadescenareier påverkar företaget. Denna typ av support har vid framtagandet av denna rapport inte varit möjlig och alltså innebär detta att kvalitén i de ekonomiska bedömningarna kan vara skiftande.

I detta kapitel görs ingen skillnad på vem som betalar skadorna (företaget eller försäkringsbolaget) som uppstår till följd av en brand. Senare i rapporten kommer hänsyn till vem som får betala skadan att tas.

I fortsättningen kommer tre typer av kostnader till följd av brand att användas:

Egendomskostnader (S_E)
Kostnader för nyanskaffning/uppbyggnad av material som förstörs i branden. Vid framtagandet av dessa kostnader har god hjälp från personal vid kallvalsverket erhållits, vilket innebär att dessa bedömningar är mer kvalificerade än de övriga kostnadstyperna.

Egendomskostnaderna får företaget ersättning för genom en egendomsförsäkring.

Avbrottskostnader (S_A)
Kostnader som uppkommer efter att branden är släckt, men som har ett direkt samband med den, t.ex. vinstbortfall p.g.a. avbrott i produktionen mm.

Dessa kostnader får företaget ersättning för genom en avbrottsförsäkring.

Dolda kostnader (S_{Do})
Dolda kostnader är sådana kostnader som inte omfattas av försäkringsskyddet. Dessa kostnader är normalt mycket svåra att uppskatta och kan t.ex. vara förlust av marknadsandelar.

7.1. Egendomskostnader

Egendomskostnaderna utgörs i denna rapport av två typer, maskinkostnader och byggkostnader. Maskinkostnaderna är kostnader som uppkommer på grund av att någon maskin har tagit skada av branden och måste repareras eller bytas ut. Byggkostnader uppkommer endast då ett helt område eller mer förstörs och beräknas då enligt schablonkostnaden 1400 kr/m^2, vilket är ungefär vad en enkel industrilokal i ett plan kan tänkas kosta.

Liten brand

Den ekonomiska konsekvensen av den lilla branden har antagits vara 20 kkr, vilket skall representera de små bränderna som åstadkommer mycket liten skada.

Medelstor brand

Egendomsskadorna vid en medelstor brand antas endast uppkomma till följd av maskinskador. Detta antagande anses rimligt eftersom byggnaden är sparsamt möblerad med utrustning som inte är förknippad med maskinerna, d.v.s. det finns inte särskilt mycket i byggnaden förutom maskinerna. Kostnaden för en medelstor brand kan antingen bli som vid en liten brand (om skyddssystemen fungerar och släcker branden snabb) eller så kan maskinen skadas så mycket att den måste repareras, vilket betyder att den är skadad men inte totalförstörd. En renoveringsskada uppkommer då en medelstor brand i en maskin inte släcks av varken släcksystem eller personal. Räddningstjänsten anses inte kunna påverka uppkomsten av denna typ av skada eftersom deras insatstid minst är ca. 14 minuter. Efter så lång tid med en konstant växande brand är det rimligt att en skada som kräver reparation redan uppkommit

Reparationskostnaden för en maskin bedöms vara 10% av nyanskaffningskostnaden.

I Tabell 26 kan uppskattade nyanskaffningskostnader för de olika maskinerna i kallvalsverket ses.

Maskin	Nyanskaffningskostnad (kkr)
Område 1, Uppklippning	
Glättvalsverk	150000
Skärverk 1	140000
Uppklippning	75000
Område 2, Skärverk 3	
Skärverk 3	100000
Område 3, Sendzimirvalsverken	
Sendzimirvalsverk 1	180000
Sendzimirvalsverk 2	250000
Banduppbyggnad	90000
Område 4, Linje 55 och 60	
Linje 60	
Avhaspel, svets och sax, mm.	100000
Kallsticksverk, Z-high	200000
Ugn och kyl	50000
Blästeranläggning	40000
Syrabetningsanläggning	50000
Sträckningsanläggning	50000
Bandmagasin, sax och påhaspel	100000
Övrigt (t.ex. filter, elrum mm.)	110000
Linje 55	
Avhaspel, svets, sax mm.	100000
Ugn och kylning	70000
Neolytbetning och borstning	70000
Syrabetning, spolning och torkning	70000
Bandmagasin, sax och påhaspel	100000
Område 5, Bandsliplinje	
Bandslipen	150000
Område 6, Övriga utrymmen	
Valsslip 1	30000
Valsslip 2	30000
Motorrum till Sendzimirvals 1	70000
Motorrum till Sendzimirvals 2	100000

Tabell 26 Nyanskaffningskostnader för de olika maskinerna.

Stor brand

Egendomsskadorna vid en stor brand kan vara samma som resultatet av en liten eller medelstor brand, men om branden sprider sig från initialföremålet och växer så att den totalförstör hela området den började i kommer även byggkostnaden för området att räknas med i egendomskostnaderna.

Summan av maskinkostnaderna och byggkostnaderna då ett helt område (eller utrymme, då brand uppstår i område 6) totalförstörs redovisas i Tabell 27.

Område	Egendomskostnader (kkr)
Område 1, Uppklippning	370460
Område 2, Skärverk 3	101932
Område 3, Sendzimirvalsverken	522744
Område 4, Linje 55 och 60	1115740
Område 5, Bandsliplinje	171400
Område 6, Övriga utrymmen	
Valsslip 1	30400
Valsslip 2	30400
Motorrum till Sendzimirvals 1	70200
Motorrum till Sendzimirvals 2	100200

Tabell 27 Egendomskostnader vid totalförstörelse av ett område.

7.2. Avbrottskostnader

Avbrottskostnaderna betraktas i denna rapport som kostnader vilka uppstår som följd av branden, men som inte är direkt förknippade med nyanskaffning av material och maskiner (egendomskostnader). Avbrottskostnaderna anses också täckas av företagets avbrottsförsäkring.

Att beräkna avbrottskostnaderna för varje skadescenario är tidsödande och svårt. Varje typ av skada måste bland annat analyseras med avseende på produktionsstoppets längd, förväntad vinst under stilleståndsperioden mm. Ett enklare sätt att beräkna avbrottskostnaderna vore att på något sätt försöka relatera dem till egendomskostnaderna. Till exempel skulle en undersökning av egendoms- och avbrottskostnader i samband med bränder i mekanisk industri som börjat i produktionslokalen kunna resultera i ett uttryck av typen som visas i Ekvation 14.

Ekvation 14

$$S_A = a \cdot (S_E)^b$$

där

S_A = Avbrottskostnader (kkr)
S_E = Egendomskostnader (kkr)
a och b = Koefficienter som t.ex. beror av verksamhet och brandens startutrymme.

Då varken resurser för att analysera alla avbrotts skador för kallvalsverket, eller värden på faktorerna a och b i Ekvation 14 funnits tillgängliga under arbetet med denna rapport har det antagits att avbrottskostnaderna uppgår till 50% av egendomskostnaderna.

7.3. Dolda kostnader

I denna rapport definieras de dolda kostnaderna som de kostnader som inte täcks av företagets försäkringsskydd. De dolda kostnaderna kan till exempel vara: ökade marknadsföringskostnader, kostnader för förlorad information mm.

De dolda kostnaderna vid en skada är i regel svåra att beräkna och det finns i nuläget ingen bra modell för att göra denna beräkning. Den enda undersökning som kommit författaren till kännedom inom detta område har utförts av ABB. Där genomfördes analyser av EML skador

på 13 av ABBs bolag och det kunde konstateras att de dolda kostnaderna för denna typ av skada uppgick till mellan 50 och 900 MSEK beroende på bolag, vilket motsvarar ca 40% av bolagens årsomsättning.

I ABB undersökningen visas att de dolda kostnaderna kan uppgå till mycket stora belopp trots ett gott försäkringsskydd och även om skadorna är sådana som inte uppkommer direkt efter branden så är det kostnader som likväl kommer att drabba bolaget på grund av skadan. Eftersom egendomsskadorna och avbrottsskadorna i denna rapport anses täckas av försäkringar är de dolda kostnaderna av största vikt då olika brandskyddsalternativ skall jämföras. Detta beror på att det endast är de dolda kostnaderna (plus självrisken) som belastar företaget.

Eftersom det idag inte finns någon allmän modell för de dolda kostnaderna samt att möjligheterna till en undersökning av de dolda kostnaderna för samtliga skadefall för Avesta Sheffield varit begränsad kommer en enkel modell för de dolda kostnaderna att användas.

7.3.1. Modellering av dolda kostnader

Avesta Sheffields omsättning har under de två senaste åren varit omkring 18000 MSEK. Det antas att en totalskada vid kallvalsverket medför att de dolda kostnader uppgår till 20% av bolagets omsättning. Andelen av omsättningen anses vara mindre än i fallet med ABB (då andelen var 40%) eftersom Avesta Sheffield har möjlighet till produktion på andra ställen än Nyby (detta är inte det enda kallvalsverket i företaget).

Inga dolda kostnader antas uppkomma vid en liten brand. Några dolda kostnader uppkommer inte heller vid reparationer av maskiner, men däremot antas dolda kostnader uppkomma då någon maskin totalförstörs och måste bytas ut. Detta beror på att då en maskin totalförstörs kommer det att innebär ett längre produktionsstopp under tiden då en ny maskin skall beställas, tillverkas (såvida det inte finns begagnade maskiner), levereras och köras in. Då en maskin råkar ut för skador som måste repareras kan det också innebära ett produktionsstopp, men detta produktionsstopp bedöms vara mycket kortare än vid utbyte av en maskin och antas inte resultera i några dolda kostnader.

För att beräkna de dolda kostnaderna då en maskin eller ett helt område totalförstörs bedöms först de dolda kostnaderna då hela byggnaden totalförstörs. I detta fallet har de dolda kostnaderna bedömts uppgå till 20% av årsomsättningen, vilket innebär 3600 MSEK. Därefter görs en bedömning av hur stor del av detta maximala belopp som de dolda kostnaderna uppgår till om en maskin eller område (alla maskiner i området) förstörs. När denna andel bedöms tas hänsyn till hur långt produktionsuppehållet förväntas bli, hur allvarligt produktionsstoppet skadar den totala verksamheten i Nyby mm. Om vissa maskiner inte fungerar kan inte Nyby producera någon av sina produkter, vilket innebär att den maskinen har mycket stor påverkan på den totala produktionen. Vissa andra maskiner däremot behövs endast för specialprodukter som inte står för så stor del av den totala produktinen, vilket innebär att dessa maskiner inte påverkar den total produktionen i lika hög grad.

Bedömningarna av hur stor andel av den maximala dolda kostnaden (3600 MSEK) som de olika maskinerna och områdena medför vid en totalförstörelse redovisas i Tabell 28.

	Andel av totalskada	**Dolda kostnader (kkr)**
Område 1, Uppklippning	15%	540000
Glättvalsverk	5%	180000
Skärverk 1	5%	180000
Uppklippning	10%	360000
Område 2, Skärverk 3	15%	540000
Skärverk 3	15%	540000
Område 3, Sendzimirvalsverken	30%	1080000
Sendzimirvalsverk 1	5%	180000
Sendzimirvalsverk 2	20%	720000
Banduppbyggnad	15%	540000
Område 4, Linje 55 och 60	30%	1080000
Linje 60		
Avhaspel, svets och sax, mm.	5%	180000
Kallsticksverk, Z-high	25%	900000
Ugn och kyl	15%	540000
Blästeranläggning	10%	360000
Syrabetningsanläggning	10%	360000
Sträckningsanläggning	10%	360000
Bandmagasin, sax och påhaspel	10%	360000
Linje 55		
Avhaspel, svets, sax mm.	5%	180000
Ugn och kylning	15%	540000
Neolytbetning och borstning	10%	360000
Syrabetning, spolning och torkning	10%	360000
Bandmagasin, sax och påhaspel	10%	360000
Område 5, Bandsliplinje	10%	360000
Bandslipen	10%	360000
Oljerum	5%	180000
Område 6, Övriga utrymmen		
Motorrum till Sendzimirvals 1	5%	180000
Motorrum till Sendzimirvals 2	10%	360000

Tabell 28 Dolda kostnader vid totalförstörelse av maskiner och områden i kallvalsverket.

7.4. Samtliga skadekostnader

Då ett helt område förstörs, vilket det gör då en stor brand varken släcks av personal, släcksystem eller räddningstjänsten, uppkommer en kombination av egendoms-, avbrotts- och dolda skadekostnader.

Dessa kombinationer redovisas för samtliga områden i Tabell 29. I kolumnen ”Dolda kostnader” ses att två värden (motorrum 1 och 2) är satta inom parentes. Detta betyder att skadekostnaden endast uppkommer om bara motorrummet förstörs, inte om också område 3 förstörs (vilket är det område som är placerat i direkt anslutning till motorrummen). Den

dolda skadekostnaden på grund av ett totalförstört motorrum uppkommer därför att Sendzimirvalsen som motorrummet betjänar inte kan fungera under tiden då rummet är förstört. Om däremot även område 3 förstörs kan ju inte Sendzimirvalsarna köras oavsett om motorrummen är intakta eller ej och alltså uppkommer de dolda skadekostnaderna för område 3 oavsett motorrummens kondition. Anledningen till att de dolda skadekostnaderna bedömts som mindre då bara motorrum 2 går sönder än när bara Sendzimirvals 2 förstörs är att skadan på själva valsmaskinen bedömts orsaka ett längre produktionsavbrott än då skadan uppkommer i motorrummet.

Förstört område	**Egendomskostnader, S_E (kkr)**		**Avbrottskostnader, S_A (kkr)**	**Dolda kostnader, S_{Do} (kkr)**
	Maskiner	Byggnad		
1, Uppklippning	365000	5460	185230	540000
2, Skärverk 3	100000	1932	50966	540000
3, Sendzimirvalsverken	520000	2744	261372	1080000
4, Linje 55 och 60	1110000	5740	557870	1080000
5, Bandslipen	151400	1400	76400	360000
6, Övriga utrymmen				
Oljerum	70000	200	35100	(180000)
Motorrum 1	100000	200	50100	(360000)
Motorrum 2	30000	400	15200	
Valsslip 1	30000	400	15200	
Valsslip 2	5000	200	2600	
Pallager	100	100		

Tabell 29 Beskrivning av skadekostnader då de olika områdena totalförstörs. Då ett värde i kolumnen "Dolda skadekostnader" presenteras inom parentes betyder det att denna kostnad endast uppkommer om bara det aktuella utrymmet totalförstörs.

Andra delscenarier i händelseträdet innebär att bara en maskin förstörs och i så fall fås egendomskostnaderna (S_E) från Tabell 26, avbrottskostnaderna (S_A) som halva egendomskostnaderna ($S_A = 0{,}5 * S_E$) och de dolda kostnaderna från Tabell 28.

Samtliga skadebelopp är nu identifierade för alla delscenarier. Antalet delscenarier uppgår totalt till ca. 2000, 160 stycken som inte leder till totalförstörelse av ett område och 28 stycken som leder till att ett område totalförstörs. Vart och ett av de 28 delscenarierna som leder till totalförstörelse av ett område kan också leda till spridning, vilket innebär att 64 olika kombinationer av fungerande/icke fungerande brandavskiljande konstruktioner skall utvärderas för vart och ett av de 28 delscenarierna som leder till spridning.

För varje delscenario kan skadekostnaden beräknas genom att undersöka hur mycket av anläggningen som blivit förstörd.

8. Förväntad skadekostnad och riskprofil

I detta kapitel beräknas den förväntade ekonomiska skadan under ett år på grund av brand för kallvalsverket. Denna beräkning görs med hänsyn till den geometri och verksamhet som existerar idag. Senare i rapporten kommer ett annat brandtekniskt alternativ att jämföras med denna utformning.

I detta kapitel kommer skillnad att göras beroende på vem som får betala skadan, försäkringsbolaget eller Avesta Sheffield. Det förutsätts för enkelhetens skull att det endast finns ett försäkringsbolag där Avesta Sheffield har både egendoms- och avbrottsförsäkring. Vidare antas att självrisken är 500 kkr.

De skadekostnader som Avesta Sheffield drabbas av vid en brand är summan av alla egendoms- (S_E) och avbrottskostnader (S_A) upp till och med självrisken (avbrotts- och egendomsförsäkringen betraktas som en enda försäkring med ett självriskbelopp). Dessutom räknas de dolda kostnaderna (S_D) med för Avesta Sheffields del (se Ekvation 15). Om egendomskostnaderna plus avbrottskostnaderna överskrider självrisken får försäkringsbolaget betala alla egendoms- och avbrottskostnader minus självrisken (se Ekvation 16). Vid beräkningarna har ingen hänsyn tagits till eventuell karens, d.v.s. att företaget inte får ersättning för avbrottskostnaderna under ett visst antal dagar från skadetillfället.

Ekvation 15

$$S_{Avesta} = S_E + S_A \qquad \text{Om } (S_E + S_A) \leq D$$

$$S_{Avesta} = D + S_{Do} \qquad \text{Om } (S_E + S_A) > D$$

Ekvation 16

$$S_{Försäkring} = (S_E + S_A) - D \qquad \text{Om } (S_E + S_A) > D$$

I Ekvation 15 innebär S_{Avesta} den totala skadekostnad som Avesta Sheffield drabbas av. I Ekvation 16 innebär $S_{Försäkring}$ den totala kostnaden för försäkringsbolaget och i både Ekvation 15 och Ekvation 16 innebär D självrisken.

Denna modell är naturligtvis en förenkling av Avesta Sheffields försäkringsförhållanden, men den fungerar bra för att beskriva riskerna i byggnaden för företaget respektive försäkringsbolaget när denna analys betraktas som ett räkneexempel för att visa hur analysmetodiken fungerar.

Förstört område	**S_{Avesta} (kkr)**	**$S_{Försäkring}$ (kkr)**
1, Uppklippning	540500	555190
2, Skärverk 3	540500	152398
3, Sendzimirvalsverken	1080500	783616
4, Linje 55 och 60	1080500	1673110
5, Bandslipen	360500	256600
6, Övriga utrymmen		
Oljerum	500	104700
Motorrum 1	(180500)	149700
Motorrum 2	(360500)	44900
Valsslip 1	500	44900
Valsslip 2	500	7200
Pallager	200	-

Tabell 30 Beskrivning av den totala skadekostnaden för Avesta Sheffield resprktive försäkringsbolaget då något av områdena förstörs.

Om hela byggnaden skulle brinna upp och alla områden totalförstöras skulle Avesta Sheffield drabbas av en skadekostnad på 3600500 kkr (maximala dolda kostnaderna plus självrisken). Försäkringsbolaget skulle drabbas av hela egendomskostnaden (2518876 kkr) plus hela det avbrottskostnaden (1258638 kkr) minus självrisken (500 kkr), vilket motsvarar 3777514 kkr.

8.1. Förväntad skadekostnad vid en brand

Modellen för vad som kan hända vid en brand i kallvalsverket har beskrivits i tidigare kapitel och händelseträdet som modellen är uppbyggd runt kan ses i bilaga 1. Detta händelseträd beskriver vad som händer vid *en* brand, d.v.s. var branden uppstår, vilka brandtekniska system som fungerar o.s.v. För att beräkna den förväntade skadekostnaden vid *en* brand räknas sannolikheten för varje delscenario (slutet på grenarna i händelseträdet) ut. Genom att summera sannolikheten multiplicerat med konsekvensen för samtliga delscenarier fas den förväntade skadekostnaden vid en brand (se Ekvation 17 och Ekvation 18).

Ekvation 17

$$\bar{S}_{Avesta} = \sum_{n=1}^{i} P(n/Brand) \cdot S_{Avesta,n}$$

Ekvation 18

$$\bar{S}_{Försäkring} = \sum_{n=1}^{i} P(n/Brand) \cdot S_{Försäkring,n}$$

Ekvation 17 och Ekvation 18 beskriver beräkningen av den förväntade skadekostnaden vid en brand i kallvalsverket ($\bar{S}_{Avesta}$ och $\bar{S}_{Försäkring}$). P(n / Brand) är sannolikheten att just delscenario n uppkommer, givet att brand har inträffat och $S_{Avesta,n}$ och $S_{Försäkring,n}$ är den totala skadekostnaden för Avesta Sheffield respektive försäkringsbolaget om delscenario n inträffar.

8.1.1. Avesta Sheffield

Den förväntade skadekostnaden vid brand för Avesta Sheffield består till stor del av de dolda kostnaderna. Det har tidigare (kapitel 7) förklarats att det inte finns några tillgängliga modeller för hur de dolda skadekostnaderna skall beräknas, vilket innebär att de bedömningar som författaren gjort är osäkra. Eftersom den förväntade skadekostnaden per brand för Avesta Sheffield till stor del består av dolda kostnader innebär detta att en undersökning och framtagande av modell för de dolda kostnaderna är av största vikt för att kunna beskriva den förväntade skadekostnaden på rätt sätt.

För tillfället, då någon sådan modell inte existerar används de bedömningar som gjorts av författaren.

Då den förväntade skadekostnaden vid en brand i kallvalsverket beräknas för Avesta Sheffield blir resultatet följande:

$$\bar{S}_{\text{Avesta}} = 2119 \text{ kkr/brand}$$

2119 kkr/brand kan tyckas mycket, men med tanke på storleken av de dolda kostnaderna i vissa av delscenarierna (>3500Mkr) så är det inte så konstigt att den förväntade skadekostnaden vid brand uppgår till ca två miljoner.

8.1.2. Försäkringsbolaget

Då den förväntade skadekostnaden vid en brand för försäkringsbolaget beräknats har flera viktiga antaganden gjorts. Det antas att Avesta Sheffield har både egendoms- och avbrottsförsäkring hos ett och samma försäkringsbolag, samt att självrisken är 500 kkr. Det har också antagits att självrisken gäller för både egendoms- och ansvarsförsäkringen, d.v.s. 500 kkr dras från summan av egendoms och avbrottskostnader då beloppet som försäkringsbolaget skall betala beräknas. Ingen hänsyn har tagits till eventuell karens för avbrottskostnaderna.

Då den förväntade skadekostnaden vid en brand i kallvalsverket beräknas för försäkringsbolaget blir resultatet följande:

$$\bar{S}_{\text{Försäkring}} = 1710 \text{ kkr/brand}$$

8.2. Förväntad skadekostnad under ett år

I de två föregående avsnitten räknades den förväntade skadekostnaden ut för *en* brand. Då den förväntade skadekostnaden under ett år beräknas måste hänsyn tas till att det kan brinna mer än en gång per år. I avsnitt 3.2 räknades sannolikheten ut för ett visst antal bränder per år, vilket innebär att den förväntade skadekostnaden per år kan räknas ut som sannolikheten för en brand multiplicerat med den förväntade skadekostnaden vid en brand, plus sannolikheten för två bränder multiplicerat med den förväntade skadekostnaden vid två bränder o.s.v. Ett enklare sätt att beräkna den förväntade skadekostnaden är dock att bara multiplicera den förväntade skadekostnaden vid en brand med brandfrekvensens medelvärde (se Ekvation 19 och Ekvation 20).

Ekvation 19

$$\bar{S}_{\text{År,A}} = \bar{S}_{\text{Avesta}} \cdot \bar{\Lambda}$$

Ekvation 20

$$\bar{S}_{\text{År,F}} = \bar{S}_{\text{Försäkring}} \cdot \bar{\Lambda}$$

Nu kan den förväntade skadekostnaden för både Avesta Sheffield och försäkringsbolaget beräknas.

$$\bar{S}_{\text{År,A}} = 2988 \text{ kkr/år}$$

$$\bar{S}_{\text{År,F}} = 2411 \text{ kkr/år}$$

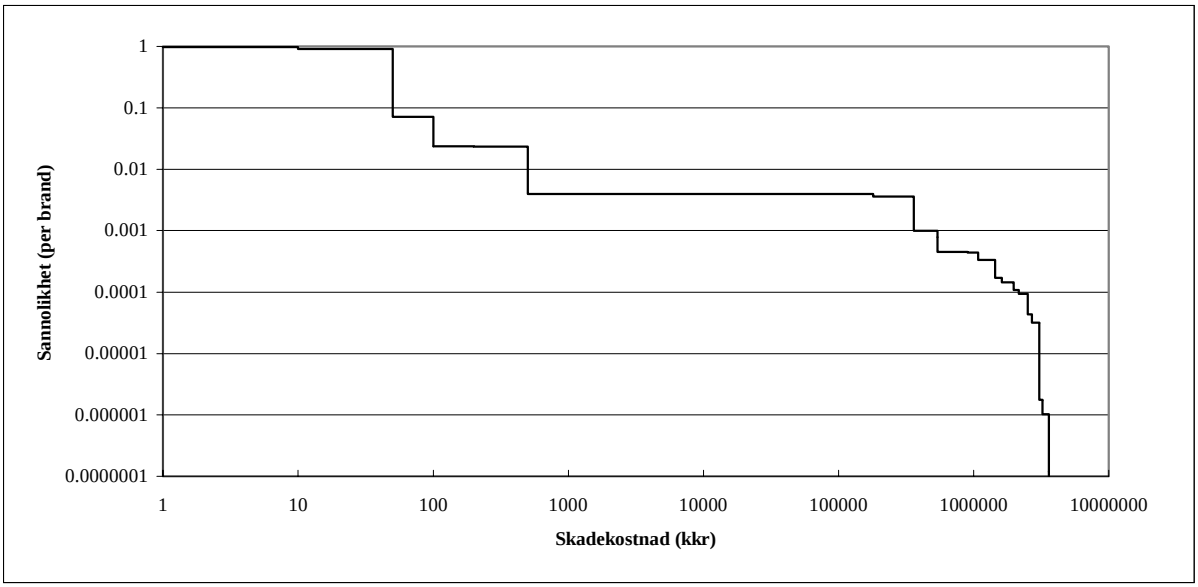
Den förväntade skadekostnaden (på grund av brand) är ett riskmått, men det räcker inte med den informationen eftersom den förväntade skadekostnaden är ett medelvärde och alltså ett lägesmått för skadekostnaden under ett år. För att få en bättre bild av riskerna i byggnaden måste även spridningen av skadekostnaden beräknas. Med bara den förväntade skadekostnaden som information kan t.ex. inte sannolikheten att skadekostnaden överstiger ett visst belopp beräknas.

8.3. Riskprofil

En riskprofil beskriver fördelningen av skador, d.v.s. den beskriver hur vanligt det är med storskador respektive små skador. Med hjälp av den förväntade skadekostnaden som beräknades i föregående avsnitt fås information om var skadefördelningen är placerad, men inget om hur spridd den är. Om en byggnad har en förväntad skadekostnad på t.ex. 1000 kkr/år så skulle detta medelvärde kunna härstamma från en tvåpunktsfördelning där sannolikheten är 99% att byggnaden inte drabbas av några skadekostnader och 1% sannolikhet att skadekostnaderna uppgår till 100000 kkr. Likväl skulle den förväntade skadekostnaden kunna härstamma från tvåpunktsfördelningen där sannolikheten är 50% att skadekostnaden uppgår till 990 kkr och 50% sannolikhet att den uppgår till 1010 kkr.

Skillnaden mellan dessa två fördelningar är påtaglig. Den ena fördelningen är i det närmaste budgeterbar (det skiljer bara 20 kkr mellan det största och minsta värdet), medan den andra fördelningen är mycket osäker. I de flesta fall drabbas företaget inte av några skador, men i ett fall av 100 inträffar en mycket stor förlust på 100000 kkr.

Riskprofilen kan användas som ett komplement till den förväntade skadekostnaden för att ge information om vilken spridning som råder för skadekostnaden. På nästa sida redovisas Avesta Sheffields riskprofil för *en brand*.



Figur 7 Riskprofilen för kallvalsverket.

Riskprofilerna visar hur stor sannolikheten är att Avesta Sheffield skall förlora ett visst belopp *eller mer* vid *en brand*.

Observera att skalorna på diagramaxlarna i Figur 7 är logaritmerade. Detta är det enda sättet att presentera hela riskprofilen på ett överskådligt sätt. Eftersom riskprofilen både består av skador med mycket liten konsekvens, men stor sannolikhet samt skador med mycket liten sannolikhet, men stor konsekvens så hade figuren blivit väldigt svår att tyda om inte skalorna hade varit logaritmerade.

9. Jämförelse av brandskyddsalternativ

Tidigare i rapporten har endast ett brandskyddsalternativ för kallvalsverket studerats, nämligen den befintliga utformningen. Den förväntade skadekostnaden per år räknades ut som 2988 kkr/år. Den förväntade skadekostnaden tillsammans med riskprofilen utgör ett mått på brandriskerna i byggnaden, men denna information är inte speciellt användbar i nuläget. Det går knappast att i en budget förvänta sig att kostnaderna skall uppgå till 2988 kkr/år, vilket beror på att även om modellen är perfekt och ger en exakt beskrivning av verkligheten så är spridningen av skadekostnaden så stor (från 10 kkr till 3600000 kkr) att det är omöjligt att veta vad skadekostnaden kommer att vara under ett år. I de flesta fall kommer den inte att uppgå till mer än 100 kkr (se riskprofilen i Figur 7), men den *kan* uppgå till mycket stora belopp.

Hur skall då den förväntade skadekostnaden kunna användas?

Ett sätt kan vara att jämföra den med ett på förhand definierat acceptanskriterium. Om riskerna i byggnaden är större än acceptanskriteriet måste åtgärder genomföras för att minska riskerna och om de är mindre än kriteriet är de acceptabla. Hur acceptanskriterier för företag kan skapats har inte studerats ännu, men inom en snar framtid borde det vara möjligt att kvantifiera en acceptabel risknivå för ett företag. Den acceptabla risknivån skulle kunna uttryckas på samma sätt som riskerna uttrycks i denna rapport, nämligen genom riskprofiler och förväntad skadekostnad.

Ett annat sätt att använda den typ av analys som visats i denna rapport är att jämföra olika brandskyddsalternativ med varandra. Det skulle till exempel vara möjligt att undersöka om det är värt att investera i ett heltäckande sprinklersystem för kallvalsverket. Denna jämförelse kommer att göras i detta kapitel, d.v.s. sprinkleralternativet kommer att jämföras med dagens utformning.

Problemet med att välja brandskyddsalternativ betraktas som ett beslutsproblem där det bästa alternativet är det alternativ som innebär den minsta totalkostnaden per år. I totalkostnaden ingår i det här fallet skadekostnaden och investeringskostnaden för de olika brandtekniska installationerna (se Ekvation 21). Det kan tänkas att försäkringspremien också kan ingå, men i detta fallet anses inte åtgärden medföra någon ändring av Avesta Sheffields försäkringsförhållanden.

Ekvation 21

$$\overline{T} = \overline{S}_{\text{År},A} + I$$

där

$\overline{T}$ = Den förväntade totala kostnaden p.g.a. brand och brandskydd (kkr/år)

$\overline{S}_{\text{År},A}$ = Den förväntade skadekostnaden. (kkr/år)

I = Investering i brandskydd (kkr/år)

9.1. Alternativ 1, Befintlig utformning

Analysen av den befintliga utformningen har redan genomförts och några mer beräkningar av skadekostnader behövs inte.

$\bar{S}_{\text{År,A}}$ = 2988 kkr/år
I = 0 kkr/år

$\bar{T}$ = 2988 kkr/år

9.2. Alternativ 2, Installation av sprinkler

Alternativ 2 innebär att ett heltäckande sprinklersystem installeras i byggnaden. Kostnaden för sprinklersystemet antas till 180 kr/m^2. Hela anläggningen som betraktas i denna analys är ungefär 15000 m^2 stor. Detta resulterar i en investeringskostnad på 2700 kkr.

Vid beräkningen antas att sprinklersystmets ekonomiska livslängd är 40 år och att kostnader för underhåll och reparationer är försumbara i förhållande till investeringskostnaden. Den årliga kostnaden för sprinklersystemet blir 2700/40 = 67,5 kkr/år.

För att räkna ut den förväntade skadekostnaden behövs en modifiering av händelseträdet som skapades när analysen av alternativ 1 genomfördes. Eftersom det finns ett ytterligare brandtekniskt system i byggnaden borde en sannolikhetsnod som beskrev sprinklerns tillförlitlighet införas i samtliga grenar. Detta skulle medföra att händelsträdet blev dubbelt så stor, vilket gör det svårare att hantera. I stället för att göra på det ovan beskrivna sättet ändras sannolikhetsnoden som representerar sannolikheten att personalen släcker branden till att vara sannolikheten att personalen *eller* sprinklersystemet släcker branden. Sannolikheten att sprinklersystemet släcker branden (stor eller medelstor brand) anses i denna rapport vara 0,95 för bränder i övriga material och 0,9 för bränder i maskiner.

I Tabell 31 och Tabell 32 redovisas sannolikheten att branden släcks av antingen sprinklersystemet eller personalen. Sannolikheterna har beräknats med hjälp av Ekvation 22.

Ekvation 22

$$P(Pers, Sprinkler) = P(Pers) + P(Sprinkler) - (P(Pers) \cdot P(Sprinkler))$$

där

P(Pers,Sprinkler) = Sannolikheten att personalen eller sprinklersystemet släcker branden.
P(Pers) = Sannolikheten att personalen släcker branden.
P(Sprinkler) = Sannolikheten att sprinklersystemet släcker branden.

Brandkälla, Maskin (i)	**P(Pers, Sprinkler / Ma(i))**
Område 1, Uppklippning	
Glättvalsverk	0.95
Skärverk 1	0.95
Uppklippning	0.97
Område 2, Skärverk 3	
Skärverk 3	0.95
Område 3, Sendzimirvalsverken	
Sendzimirvalsverk 1	0.95
Sendzimirvalsverk 2	0.95
Banduppbyggnad	0.96
Område 4, Linje 55 och 60	
Linje 55	
Svets	0.98
Kallsticksverk, Z-high	0.96
Ugn	0.97
Linje 60	
Svets	0.98
Ugn	0.97
Område 5, Bandsliplinje	
Bandslipen	0.96
Oljerum	0.95

Tabell 31 Sannolikheten att sprinklersystemet eller personalen släcker maskinbränder.

Område (i)	**P(Pers, Sprinkler / $Öv_{O(k)}$)**
1, Uppklippning	0.98
2, Skärverk 3	0.98
3, Sendzimirvalsverken	0.98
4, Linje 55 och 60	0.97
5, Bandslipen	0.98
6, Övriga utrymmen	
Oljerum (Sendzimirvalsar)	0.98/0.97
Motorrum 1 och 2	0.99/0.98
Valsslip 1 och 2	0.99
Pallager	0.99

Tabell 32 Sannolikheten att sprinklersystemet eller personalen släcker övriga bränder.

Den förväntade skadekostnaden beräknas med hjälp av händelseträdet till 376 kkr/år. Det har vid beräkningarna förutsatts att konsekvenserna vid de olika typerna av bränder är samma som i alternativ 1.

$\bar{S}_{Ar,A}$ = 376 kkr/år
I = 67,5 kkr/år

$\bar{T}$ = 443,5 kkr/år

En jämförelse visar alltså att den förväntade totala årliga kostnaden för sprinkleralternativet är ca 7 gånger lägre än den förväntade skadekostnaden för nuvarande utformning (utan sprinkler).

9.3. Riskattityd

Då beslut fattas genom att välja det alternativ som minimerar den förväntade totala kostnaden är beslutsfattarens riskattityd neutral, d.v.s. han är risk-neutral. För att förklara vad risk-neutral innebär används ett enkelt exempel.

En beslutsfattare tvingas välja mellan att genomföra ett av två projekt. Projekt 1 innebär att beslutsfattaren med 50% sannolikhet erhåller 1000 kkr från projektet och med 50% sannolikhet att han inte får någon utdelning alls. Projekt 2 innebär att sannolikheten är 90% att beslutsfattaren får 500 kkr och 10% att han inte får något alls.

Den förväntade erhållna beloppet i projekt 1 är (0,5*1000) 500 kkr och det förväntade beloppet i projekt 2 är (0,9*500) 450 kkr.

Om beslutsfattaren var risk-neutral skulle han välja projekt 1 eftersom den förväntade erhållna beloppet är större än i projekt 2, men det finns personer som skulle välja projekt 2 eftersom det inte anses lika riskfyllt. Dessa personer kallas risk-aversa och kännetecknas av att de hellre väljer att få det förväntade beloppet i ett lotteri än att delta i själva lotteriet, d.v.s. om en risk-avers person erbjöds att delta i ett lotteri där den förväntade vinsten var 50 kkr så skulle personen inte delta i lotteriet om han i stället fick 50 kkr (se /10/) för att stå utanför lotteriet.

För att modellera personers och företags riskattityd kan så kallade nytto-funktioner användas. Nytto-funktionen översätter ett ekonomiskt värde till ”nytta”, t.ex. så kan nyttan med 100 kkr räknas ut med en nytto-funktion. Enligt Howard /9/ så är så kallade exponentiella nytto-funktioner lämpliga att beskriva ett företags riskattityd med.

Ekvation 23

$$U(x) = 1 - e^{-(x/R)}$$

Ekvation 23 visar ett exempel på en exponentiell nytto-funktion där U(x) är nyttan med visst ekonomiskt belopp x. R är företagets risk tolerans och kan enligt Howard /9/ grovt beräknas som 6,4% av bolagets omsättning.

Detta innebär att om en person har en risktolerans som är 500 kkr så skulle den förväntade nyttan med projekt 1 (som beskrevs i början av detta avsnitt) vara ungefär 0,43. Den förväntade nyttan med projekt 2 skulle vara 0,57. Det logiska för personen är alltså att välja projekt 2 eftersom det projektet innebär en större förväntad nytta än projekt 1, även om projekt 1 innebär en större förväntad vinst än projekt 2.

Nytto-funktioner kommer att diskuteras mer i en senare rapport i detta projekt, varför denna mycket korta introduktion för tillfället anses tillräcklig. För den som vill ha en introduktion till nyttoteori och beslutsfattande rekommenderas /11/.

Ett bättre sätt att undersöka vilket brandskyddsalternativ som är det optimala är alltså att ta hänsyn till Avesta Sheffields riskattityd. Om det antas att Howards /9/ uppskattning av risktoleransen för att företag är rimlig för Avesta Sheffield innebär det att risktoleransen skulle bli 1152000 kkr. Avesta Sheffields nytto-funktion ser då ut som Ekvation 24.

Ekvation 24

$$U(x) = 1 - e^{-(x/1152000)}$$

I kapitel 8 räknades den förväntade skadekostnaden ut som summan av alla sannolikheter multiplicerat med tillhörande kosekvenser, för samtliga delscenarier. När den förväntade nyttan med ett brandskyddsalternativ skall beräknas måste den totala kostnaden (T) för samtliga delscenarier räknas ut och översättas till nytta med hjälp av nyttofunktionen (se Ekvation 24). Därefter kan den förväntade nyttan beräknas som summan av nyttan multiplicerat med sannolikheten för samtliga delscenarier.

Den förväntade nyttan för alternativ 1 (befintlig utformning) är –0,00325.

Den förväntade nyttan för alternativ 2 (sprinkler) är –0,000372.

Anledningen till att den förväntade nyttan för båda alternativen är negativ är att beslutsproblemet bara involverar *kostnader* för bränder och brandskydd.

Eftersom den förväntade nyttan för alternativ 2 (installation av sprinkler) är större än för alternativ 1 bör alltså sprinkler installeras eftersom sänkningen av skadekostnaderna väger upp den kostnad som installationen medför.

10. Resultat och diskussion

Ett mål med denna rapport är att försöka ge en riskanalys av en industri en heltäckande karaktär, d.v.s. den fokuserar inte på en enda process eller en enda brandrisk. I och med att analysen är heltäckande, d.v.s. inkluderar brandrisker i samtliga utrymmen och tändkällor så är den också enkelt utförd. När ett så stort område som 15000 m^2 skall innefattas i en analys blir omfattningen av rapporten stor om varje process eller maskin som utgör en brandrisk skall analyseras individuellt. Det är dock möjligt att använda tidigare utförda riskanalyser av t.ex. olika maskiner som bidrag i den här typen av analys. Tillgång till några sådana analyser har inte funnits vid framtagandet av denna rapport, vilket medför att grova modeller och bedömningar har använts för att försöka skapa en bild av brandriskerna i kallvalsverket.

Ett annat mål med rapporten har varit att uttrycka alla konsekvenser av en brand i ekonomiska termer. Detta görs därför att det brandskyddsalternativ som är det mest ekonomiskt optimala skall kunna väljas. På grund av att det saknats en metodik för hur avbrotts och dolda skadekostnader skall beräknas har det varit svårt att bedöma de ekonomiska skadorna för samtliga skadehändelser. Till stor del har skattningar som ansetts rimliga av författaren använts.

Bättre bedömningar kan med största säkerhet åstadkommas av personer från Avesta Sheffields Risk Management avdelning, marknadsavdelning eller ekonomiavdelning. Några sådana bedömningar har dock inte genomförts i rapporten, varför avbrotts- och dolda skadekostnader som presenteras i denna rapport bör uppfattas som osäkra.

I kapitel 3 diskuteras hur en skattning av brandfrekvensen i byggnaden kan utföras. Brandfrekvensen är ett medelvärde av antalet bränder under ett år. Genom att först skatta brandfrekvensen med hjälp av generella uttryck som gäller för en grupp av industrier fås ett intervall inom vilket ”den verkliga” brandfördelningen antas vara placerad. Alla värden på brandfrekvensen inom intervallet är inte lika sannolika, vilket beskrivs genom en fördelning. Genom att undersöka hur ofta det har brunnit i byggnaden kan den första skattningen av brandfrekvensen uppdateras med hjälp av Bayes sats och en ny fördelning av brandfrekvensen erhålls. Den nya fördelningen är något smalare (mindre varians) än den ursprungliga, vilket betyder att osäkerheten angående brandfrekvensen i byggnaden har minskat. I riskanalysen används medelvärdet av den uppdaterade fördelningen, vilket är 1,4 bränder per år.

Den centrala delen i riskanalysen är ett händelseträd som presenteras i bilaga 1. I detta träd ingår olika sannolikhetsnoder, vilka representerar de brandskyddstekniska systemen, personalen och räddningstjänstens ingripande mm. I kapitel 4 beskrivs hur sannolikheten att räddningstjänsten släcker branden räknas ut. Räddningstjänsten antas inte ha någon påverkan på de små bränderna (som aldrig utgör någon fara för ett helt område), men kan påverka utgången av de bränder som är stora. I modellen för räddningstjänsten ingripande tas hänsyn till var branden uppstår, hur snabbt den upptäcks, insatstiden för räddningstjänsten mm. Slutresultatet blir en sannolikhet för att räddningstjänsten släcker en stor brand. Denna sannolikhet räknas ut för samtliga stora bränder i händelseträdet.

I kapitel 5 görs motsvarande beräkning för personalen. I detta kapitel anses personalens möjligheter att släcka en brand bero av fyra saker: Utbildning, persontäthet, släckutrustning och siktbarhet. Dessa fyra parametrar värderas och poängsätts för varje område och med hjälp av poängsättningen kan sannolikheten att personalen släcker branden skattas.

Med hjälp av delmodellerna (brandkårens ingripande mm.) kan ett händelseträd som visar sannolikheten för olika brandutvecklingar skapas och för varje delscenario kan en skadekostnad beräknas. Skadekostnaden beräknas för både Avesta Sheffield och ett fiktivt försäkringsbolag. Kostnaderna av en brand delas upp i egendoms-, avbrotts- och dolda kostnader, vilka redovisas i kapitel 7. Egendomskostnaderna är kostnader för maskiner och uppbyggnad av lokaler, avbrottskostnader uppkommer på grund av produktionsstoppet som följer efter en större brand. Det antas att avbrottskostnaderna betalas av en avbrottsförsäkring och egendomskostnaderna av en egendomsförsäkring. De dolda kostnaderna täcks inte av någon försäkring och är mycket svåra att uppskatta. Ett exempel på dolda skadekostnader kan vara förlust av marknadsandelar.

Med hjälp av sannolikheten och skadekostnaden för varje scenario kan den förväntade skadekostnaden per år (på grund av brand) beräknas till 2988 kkr/år. Den förväntade skadekostnaden är ett riskmått som kan användas för att jämföra olika brandskyddsalternativ i byggnaden. Detta görs också i kapitel 9 där det undersöks om det är motiverat att investera i ett sprinklersystem för byggnaden. Resultatet av analysen blir att det är motiverat med en installation av sprinklersystem eftersom både den förväntade totalkostnaden (kostnad för investering och skadekostnader) och den förväntade nyttan (nytto-teori används för att modellera riskattityd) tyder på att sprinkleralternativet är det ekonomiskt mest optimala av de två alternativen.

Det är dock viktigt att komma ihåg att detta resultat erhölls med hjälp av osäkra ekonomiska värden för de dolda kostnaderna. Om de dolda kostnaderna vid en noggrannare analys skulle visa sig bli mindre är det möjligt att sprinkleralternativet inte längre är det ekonomiskt mest optimala. Det är meningen att en osäkerhetsanalys för denna rapport skall utföras under fas 2 i projektet ”Ekonomisk optimering av det industriella brandskyddet”. I den analysen kommer slutsatser huruvida osäkerheten i t.ex. de dolda kostnaderna kan göra så att det mest optimala brandskyddsalternativet ändras att presenteras.

Sammanfattningsvis så har analysmetodiken använts med gott resultat och om denna typ av analys kombineras med en osäkerhetsanalys, samt en undersökning av avbrotts- och dolda kostnader kommer industriers risknivå att kunna kvantifieras. Risknivåer från flera olika utformningsalternativ kan sedan jämföras för att finna det ekonomiskt mest optimala brandskyddet.

11. Referenser

/1/ Johansson, H., *Brandfrekvenser och typbränder i industrianläggningar*, Lunds Universitet, Brandteknik, 1998.

/2/ Brandskyddslaget, LTH Brandteknik, *Brandskydd, Boverkets byggregler teori och praktik*, Stockholm 1994.

/3/ Ondrus, J., *Brandförlopp*, Lunds Universitet, Brandteknik, Lund 1990.

/4/ Johansson, H., *Ekonomisk riskanalys av ABB Automation Products verksamhet i byggnad 358*, Lunds Universitet, Brandteknik, Lund 1999.

/5/ Ramachandran, G., Exponential Model of Fire Growth, *Proc. 1st International Symposium on Fire Safety Science*, pp 657-666, 1986.

/6/ Avesta Sheffield, *Cold Rolled Division Nyby*, Eskilstuna 1994.

/7/ Fredlund, B., Magnusson, S.E., Nilsson, L., Pettersson, O., Strandberg, S., Thelandersson, S., *Skydd mot brandspridning inom småhusbebyggelse i lättbetong*, SBF, Stockholm, 1976.

/8/ Butcher, G., The nature of fire size, fire spread and fire growth, *Fire Engineering Journal*, march 1987.

/9/ Howard, R.A., Decision analysis: practice and promise, *Management Science* vol.34, No 6, June 1988.

/10/ Keeney, R.L., Riaffa, H., *Decision with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs*, John Wiley & Sons, New York 1976.

/11/ Clemen, R.T., *Making Hard Decisions*, Second edition, Duxbury Press, Belmont 1996.

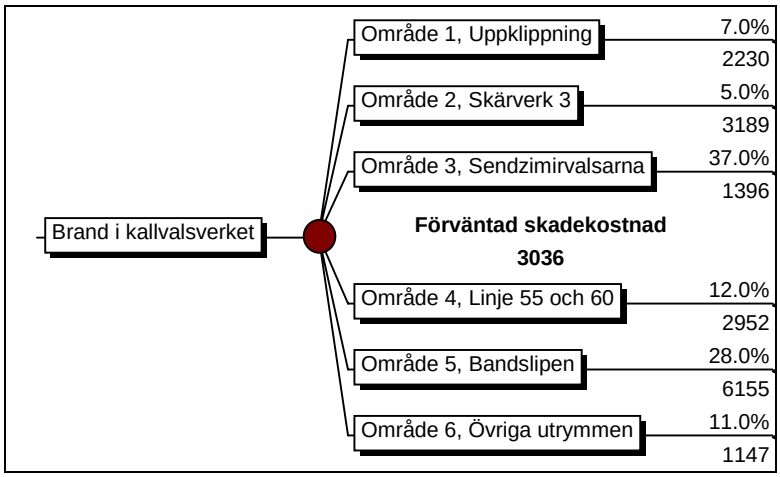
/12/ Drysdale, D., *An Introduction to Fire Dynamics*, University of Edinburgh, 1985.

/13/ Blom, G., *Sannolikhetsteori och statistikteori med tillämpningar*, Studentlitteratur, Lund 1993.

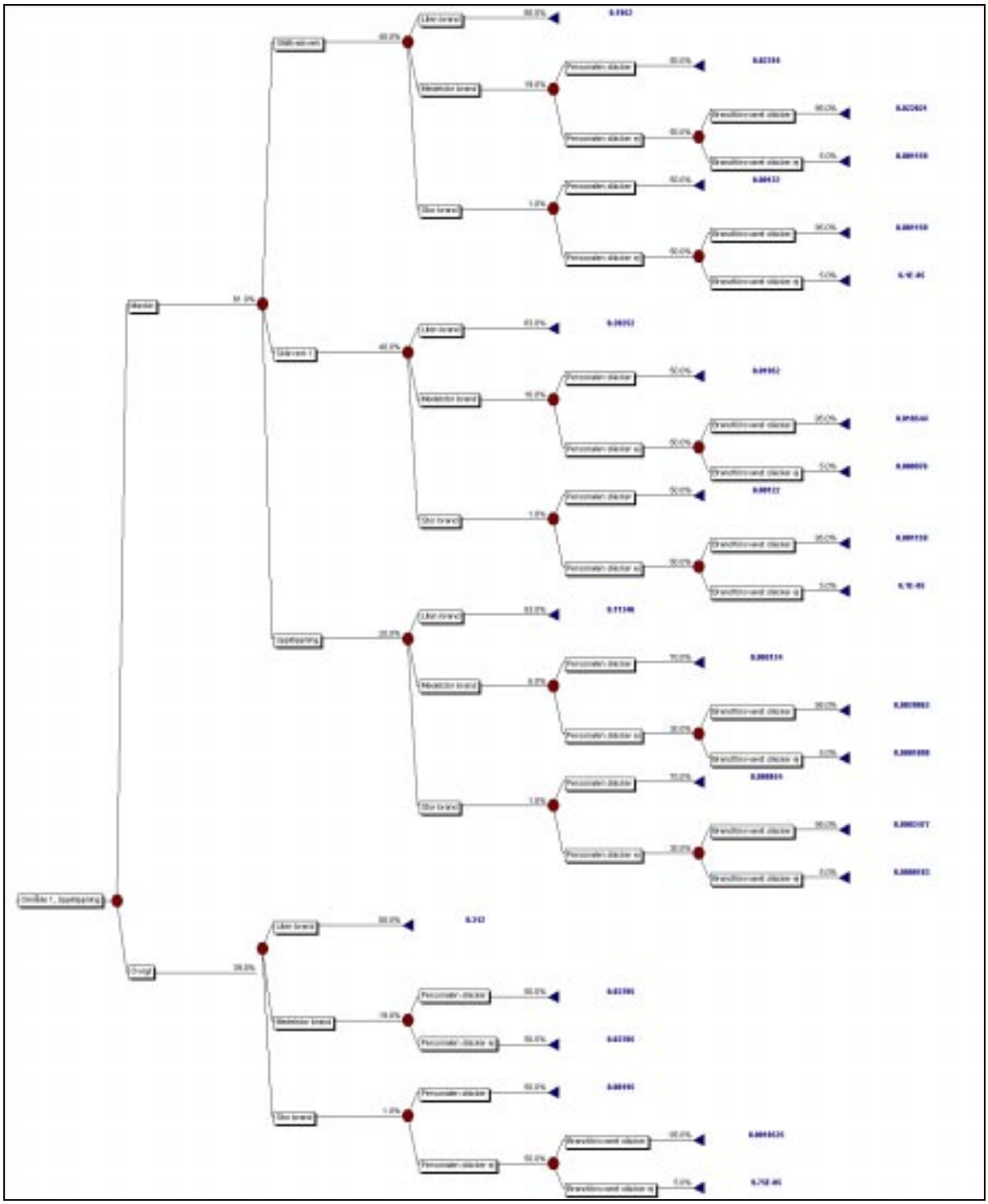
Bilaga 1, Händelseträd

I denna bilaga redovisas händelseträdet som är den centrala delen i analysen. Eftersom trädet är väldigt stor kommer det att redovisas i ett uppdelat tillstånd. Den första förgreningen som visas på denna sida (Figur B1) visar sannolikheten att branden skall starta i något av de olika områdena, givet att brand uppkommit i byggnaden.

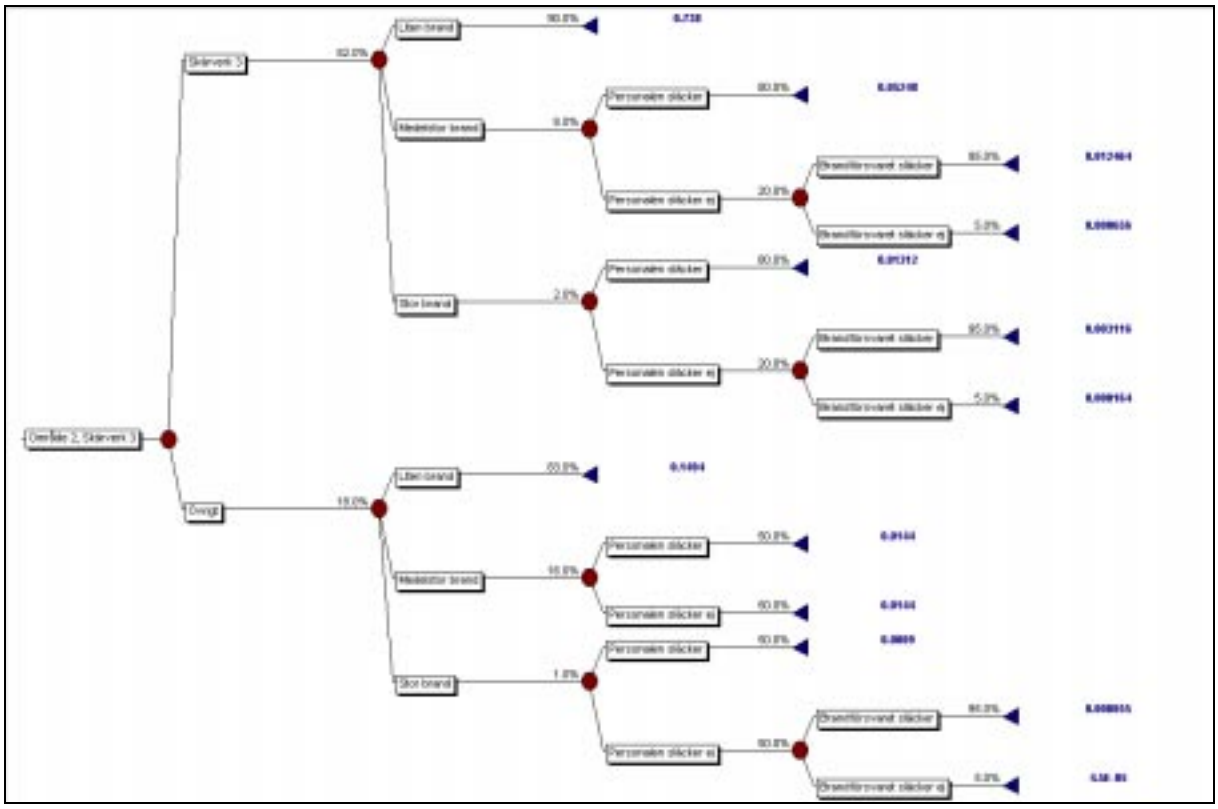
De figurer som visas på följande sidor är fortsättningen på de olika grenarna som visas i Figur B1.



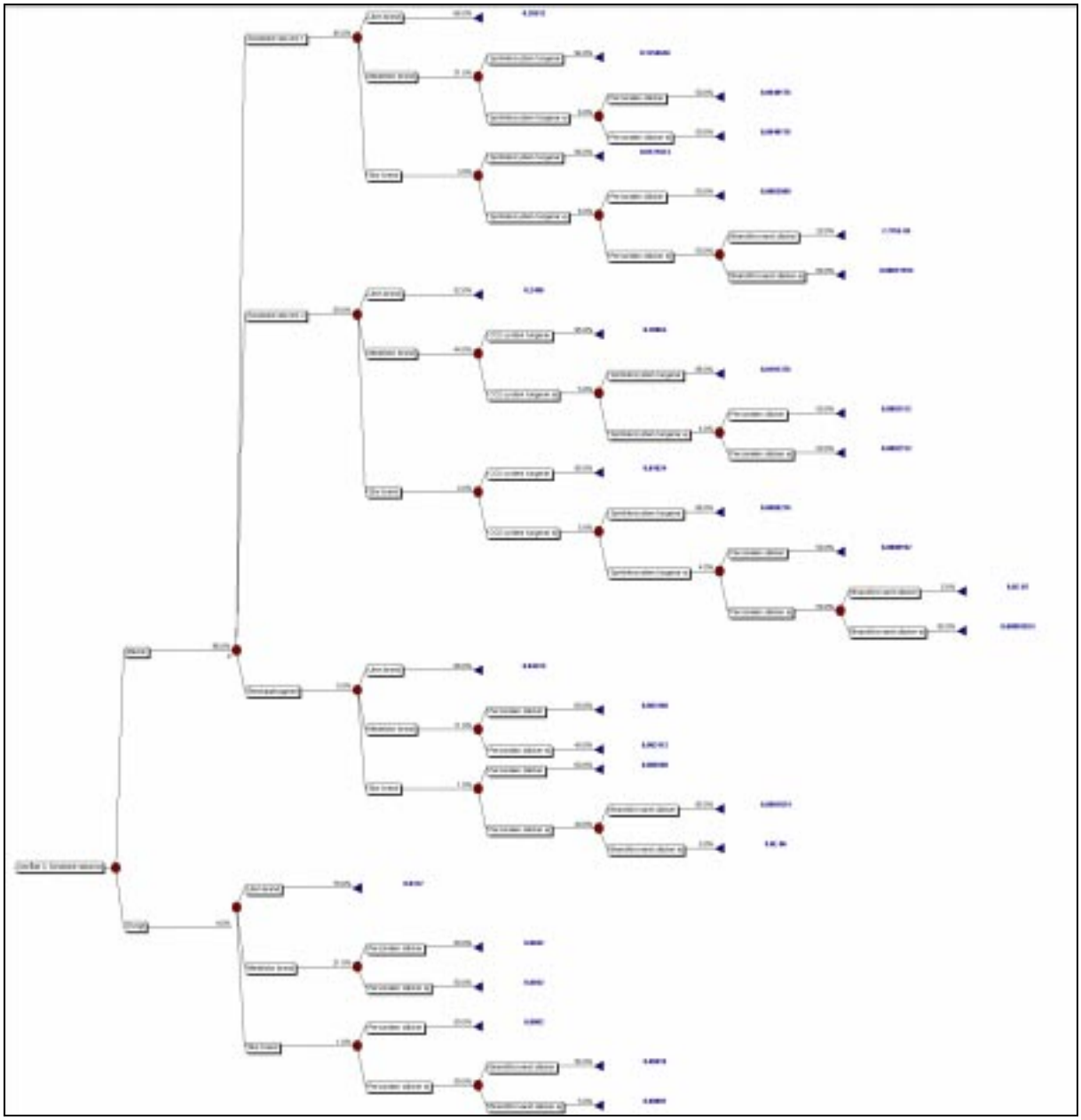
Figur B1 Den första förgreningen i händelseträdet.



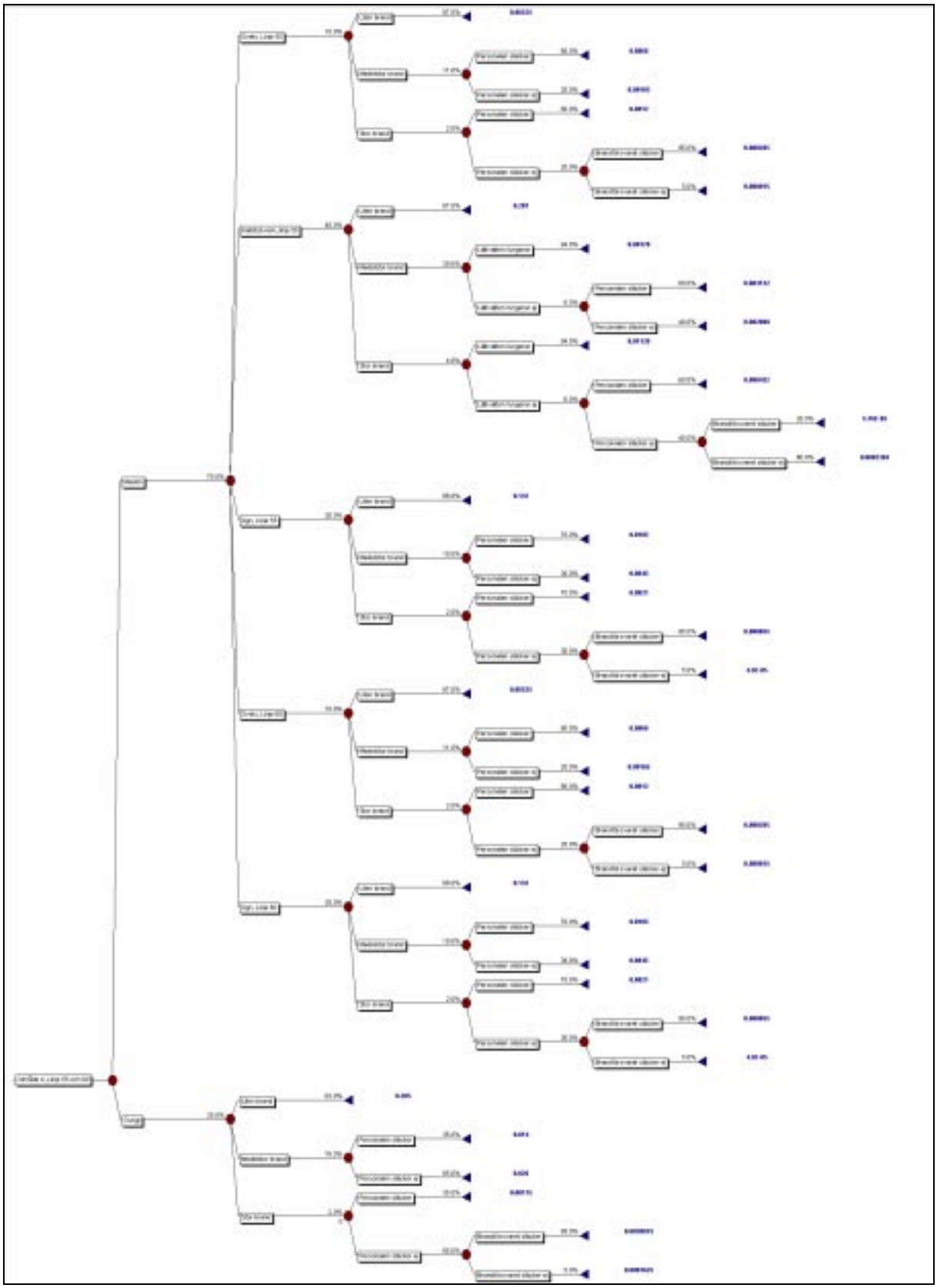
Figur B2 Grenen för brand i område 1, Uppklippning.



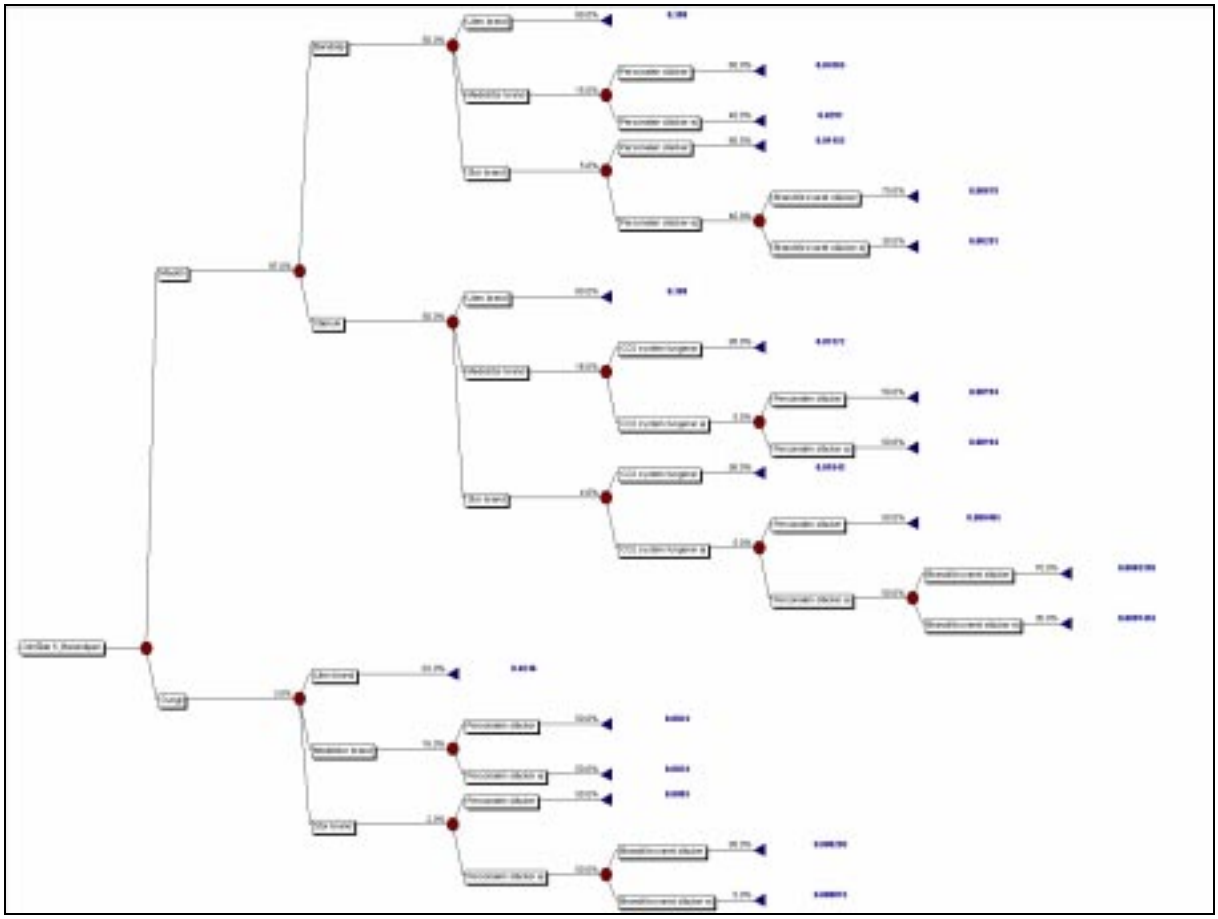
Figur B3 Grenen för brand i område 2, Skärverk 3.



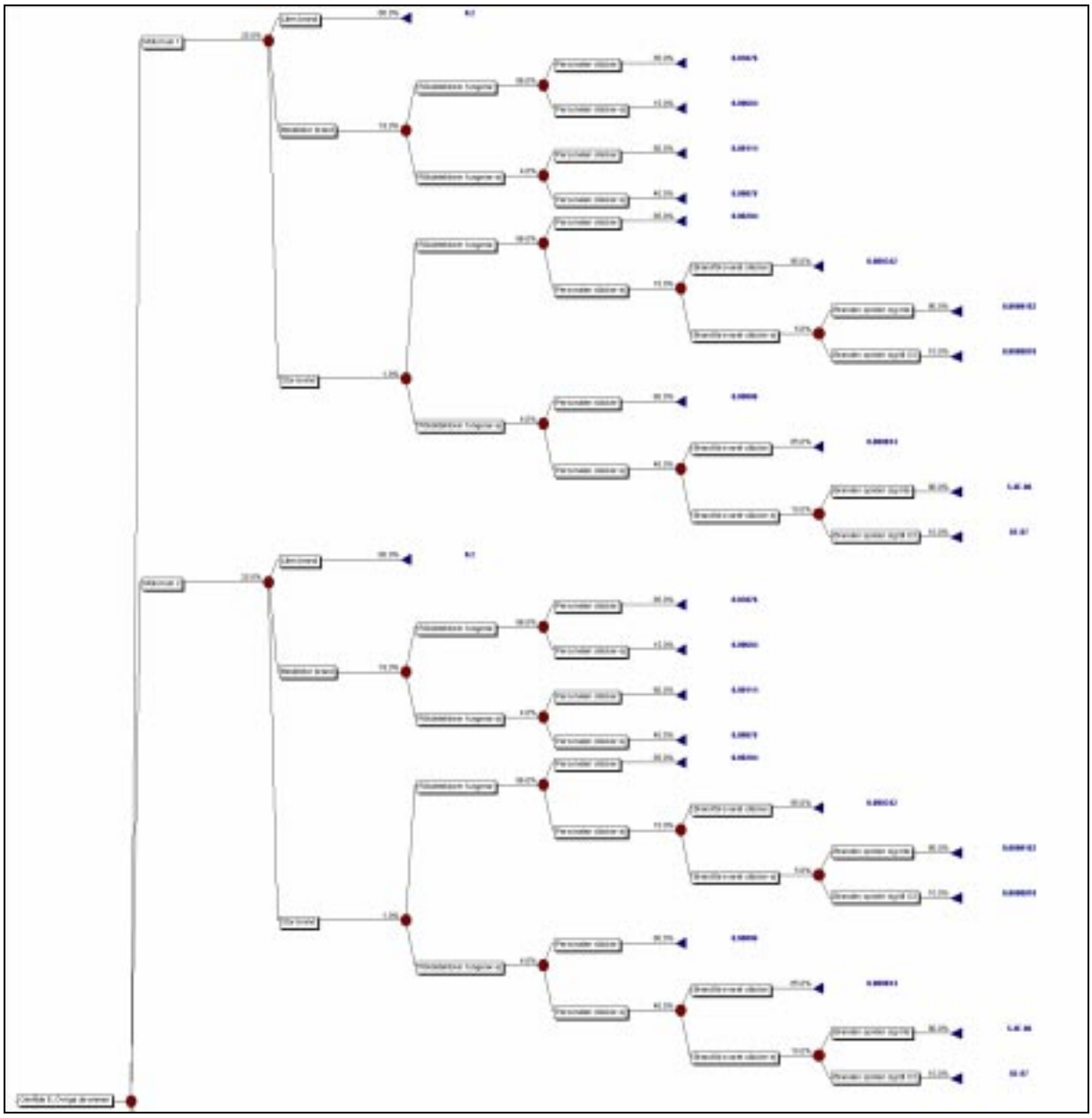
Figur B4 Grenen för brand i område 3, Sendzimirvalsarna.



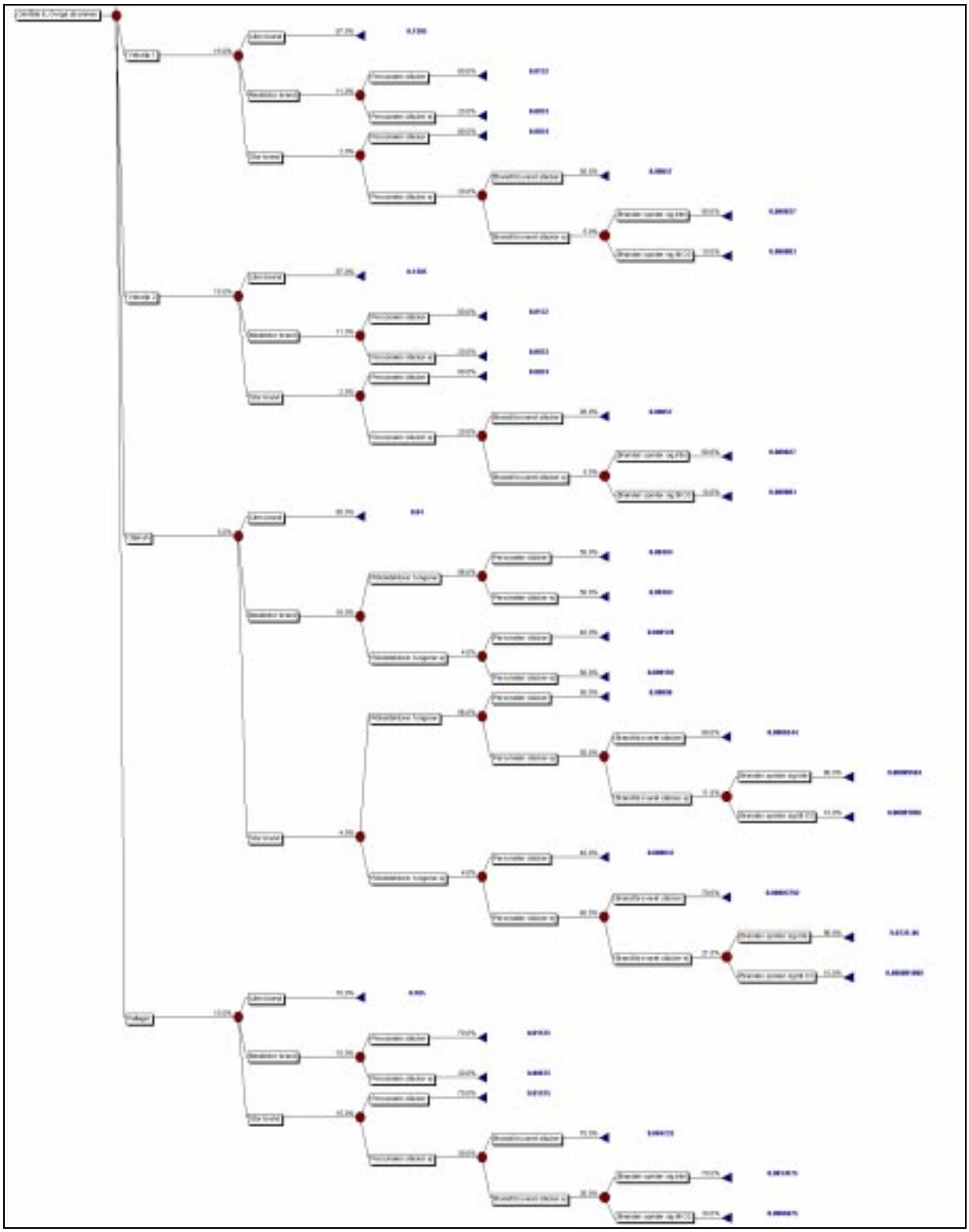
Figur B5 Grenen för brand i område 4, Linje 55 och 60.



Figur B6 Grenen för brand i område 5, Bandslipen.



Figur B7 Övre delen av grenen för brand i område 6, Övriga områden.



Figur B8 Nedre delen av grenen för brand i område 6, Övriga områden.

Bilaga 2, Maximala brandeffekter

I denna bilaga redovisas information som har med räddningstjänstens insats att göra. För alla bränder redovisas tillväxthastigheten α (kW/s^2), den maximala brandeffekten som initialföremålet kan avge Q_{max} (kW), Brandarean hos initialbranden $A_{Initial}$ (m^2) samt tre värden som brandens area uppgår till då räddningstjänsten kommer till platsen A_{Insats} (m^2). Dessa tre areor har räknats ut genom att använda metodiken som beskrivs i kapitel 6 och genom att räkna med tre stycken insatstider t_{Insats} (minuter). Den minsta av dessa insatstider antas uppkomma i 25% av fallen, det största värdet i 25% av fallen och medelvärdet i 50% av fallen.

Den maximala brandeffekten hos initialföremålet vid bränder i övriga material antas kunna uppgå till tre olika värden, vilka redovisas på raden Q_{max} i tabellerna nedan. Den minsta av dessa maximala brandeffekter antas uppkomma i 25% av fallen, den största i 25% av fallen och den mittersta i 50% av fallen.

Om brandarean då räddningstjänsten börjar sin insats (A_{Insats}) uppgår till mer än 22 m^2 (antas motsvara en brandeffekt på 11 MW) lyckas räddningstjänsten släcka branden utan att hela området där branden uppstod i förstörs. Är däremot brandarean större än 22 m^2 antas räddningstjänsten inte klara av att släcka branden och hela området där branden uppstod betraktas då som förstört.

Med hjälp av den information som presenteras i denna bilaga räknas sannolikheten för att räddningstjänsten skall släcka branden ut. Denna sannolikhet redovisas i kapitel 4.

Övriga bränder

	Område 1	**Område 1**	**Område 1**	**Område 2**	**Område 2**	**Område 2**
α	0.0117	0.0117	0.0117	0.0117	0.0117	0.0117
Q_{max}	500	1000	1500	500	1000	2000
t	3.4	4.9	6.0	3.4	4.9	6.9
$A_{Initial}$	1	2	3	1	2	4
$A_{Insats, Min}$	1.5	2.8	4.1	1.5	2.8	5.3
$A_{Insats, Medel}$	1.9	3.6	5.3	1.8	3.5	6.5
$A_{Insats,Max}$	2.4	4.7	6.7	2.2	4.2	7.9
$t_{Insats, Min}$	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5
$t_{Insats, Medel}$	23.0	23.0	23.0	21.5	21.5	21.5
$t_{Insats, Max}$	30.5	30.5	30.5	27.5	27.5	27.5

	Område 3	**Område 3**	**Område 3**	**Område 4**	**Område 4**	**Område 4**
α	0.0117	0.0117	0.0117	0.0117	0.0117	0.0117
Q_{max}	500	1200	2000	700	1500	2000
t	3.4	5.3	6.9	4.1	6.0	6.9
$A_{Initial}$	1	2.4	4	1.4	3	4
$A_{Insats, Min}$	1.5	3.4	5.3	2.0	4.1	5.3
$A_{Insats, Medel}$	1.9	4.3	6.8	2.8	5.7	7.4
$A_{Insats,Max}$	2.4	5.5	8.7	3.9	7.9	10.3
$t_{Insats, Min}$	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5

$t_{Insats, Medel}$	23.0	23.0	23.0	25.5	25.5	25.5
$t_{Insats, Max}$	30.6	30.6	35.4	35.4	35.4	29.6

	Område 5	**Område 5**	**Område 5**	**Oljerum**	**Oljerum**	**Oljerum**
α	0.0117	0.0117	0.0117	0.0467	0.0467	0.0467
Q_{max}	700	1500	2500	2000	4000	6000
t	4.1	6.0	7.7	3.4	4.9	6.0
$A_{Initial}$	1.4	3	5	4	8	12
$A_{Insats, Min}$	2.0	4.0	6.3	6.0	11.4	16.4
$A_{Insats, Medel}$	2.5	5.1	8.0	6.9	13.2	19.1
$A_{Insats,Max}$	3.2	6.5	10.3	8.1	15.4	22.3
$t_{Insats, Min}$	14.5	14.5	14.5	15.5	15.5	15.5
$t_{Insats, Medel}$	22.0	22.0	22.0	20.1	20.1	20.1
$t_{Insats, Max}$	29.6	29.6	29.6	24.8	24.8	24.8

	Motorrum 1o2	**Motorrum 1**	**Motorrum 1**	**Valsslip 1**	**Valsslip 1**	**Valsslip 1**
α	0.0117	0.0117	0.0117	0.0117	0.0117	0.0117
Q_{max}	500	700	1000	500	1000	1500
t	3.4	4.1	4.9	3.4	4.9	6.0
$A_{Initial}$	1	1.4	2	1	2	3
$A_{Insats, Min}$	1.5	2.0	2.8	1.4	2.7	4.0
$A_{Insats, Medel}$	1.9	2.6	3.6	1.8	3.4	4.9
$A_{Insats,Max}$	2.4	3.2	4.5	2.2	4.1	6.0
$t_{Insats, Min}$	15.2	15.2	15.2	14.5	14.5	14.5
$t_{Insats, Medel}$	22.3	22.3	22.3	20.7	20.7	20.7
$t_{Insats, Max}$	29.4	29.4	29.4	26.9	26.9	26.9

	Pallager	**Pallager**	**Pallager**
α	0.0467	0.0467	0.0467
Q_{max}	2000	5000	10000
t	3.4	5.5	7.7
$A_{Initial}$	4	10	20
$A_{Insats, Min}$	5.8	13.5	25.0
$A_{Insats, Medel}$	6.7	15.7	29.1
$A_{Insats,Max}$	7.8	18.2	33.8
$t_{Insats, Min}$	14.5	14.5	14.5
$t_{Insats, Medel}$	19.0	19.0	19.0
$t_{Insats, Max}$	23.6	23.6	23.6

Maskinbränder

	Glättvals	Skärverk 1	Uppklippning	Skärverk 3	Sendzimirvals 1
α	0.0467	0.0467	0.0117	0.0117	0.0467
Q_{max}	3000	3000	3000	3000	7000
t	4.2	4.2	8.4	8.4	6.5
$A_{Initial}$	6	6	6	6	14
$A_{Insats, Min}$	9.0	9.0	7.8	7.6	19.5
$A_{Insats, Medel}$	10.6	10.6	9.2	8.9	23.1
$A_{Insats,Max}$	12.4	12.4	10.8	10.5	27.4
$t_{Insats, Min}$	16.5	16.5	16.5	15.5	16.5
$t_{Insats, Medel}$	21.4	21.4	21.4	20.4	21.7
$t_{Insats, Max}$	26.3	26.3	26.3	25.3	26.8

	Sendzimirvals 2	Banduppbyggnad	Linje 55, Svets	Linje 55, Kallstickverk	Linje 55, Ugn
α	0.0467	0.0117	0.0117	0.0467	0.0117
Q_{max}	10000	5000	2000	7000	3000
t	7.7	10.9	6.9	6.5	8.4
$A_{Initial}$	20	10	4	14	6
$A_{Insats, Min}$	25.9	11.6	5.5	19.5	8.1
$A_{Insats, Medel}$	30.1	13.6	6.9	24.5	10.2
$A_{Insats,Max}$	35.1	15.8	8.6	30.7	12.7
$t_{Insats, Min}$	15.5	15.5	16.5	16.5	17.5
$t_{Insats, Medel}$	20.2	20.2	23.4	23.4	24.4
$t_{Insats, Max}$	24.8	24.8	30.3	30.3	31.3

	Linje 60, Svets	Linje 60 Ugn	Bandslipen	Bandslipens oljerum
α	0.0117	0.0117	0.0467	0.0467
Q_{max}	2000	3000	7000	7000
t	6.9	8.4	6.5	6.5
$A_{Initial}$	4	6	14	14
$A_{Insats, Min}$	5.5	8.1	18.3	18.3
$A_{Insats, Medel}$	6.9	10.2	21.3	21.3
$A_{Insats,Max}$	8.6	12.7	24.8	24.8
$t_{Insats, Min}$				
$t_{Insats, Medel}$	16.5	17.5	14.5	14.5
$t_{Insats, Max}$	23.4	24.4	19.2	19.2
	30.3	31.3	23.8	23.8