

Forskning

---

# **Metod att utvärdera manuell brandbekämpning på kärnkraftverk - en förstudie för funktionskrav**

Carl-Axel Stenberg  
Lotta Andersson  
Henrik Eriksson

April 2001

## **SKI PERSPEKTIV**

### **Bakgrund**

Brand är en av de postulerade händelser för vilket det krävs av tillståndshavarna att de genom omfattande säkerhetsanalyser visar att säkerheten är hög.

Säkerhetssystem ska vara skyddade mot brand så att säkerhetssystemen trots branden kan uppfylla sina funktioner. För att uppfylla detta har säkerhetssystemen i kärnkraftverken minst dubblerad säkerhetsutrustning som är både oberoende av varandra och väl separerade från varandra. Brandskyddet, som bygger på djupförsvarsprincipen, har tre mål:

1. Förhindra att brand uppstår
2. Om en brand ändå skulle uppstå ska den snabbt detekteras och släckas.
3. Om detta misslyckas ska brandspridningen förhindras så att brandpåverkan på viktiga säkerhetsfunktioner begränsas.

För att det bättre ska kunna bedömas hur effektiv brandbekämpningen är vid kärnkraftverken har Sycon på uppdrag av SKI utvecklat en metod med vilken man kan analysera manuell brandbekämpning.

### **SKI:s syfte**

Detta arbete har syftat till att ta fram en metod för att värdera manuell brandbekämpning på kärnkraftverk ur ett reaktorsäkerhetsperspektiv. Metoden ska kunna användas till att utvärdera organisationsförändringar och i vilken grad man kan tillgodoräkna sig den manuella brandbekämpningen. De olikheter som finns mellan kärnkraftblocken i säkerhetssystemens uppbyggnad och anläggningarnas utformning ska beaktas i modellen så att analyserna blir blockspecifika. De brandbekämpningsinsatser som omfattas av detta arbete är:

- Personal med i huvudsak andra arbetsuppgifter än brandbekämpning
- Intern brandstyrka
- Extern räddningstjänst

### **Resultat**

Manuell brandsläckning har även tidigare krediterats och analyserats i säkerhetsanalyser. Bl a med en metod som utvecklades inom ramen för yttre händelse projektet<sup>1</sup>. Den nu utvecklade metoden möjliggör en mer detaljerad utvärdering av manuell brandbekämpning.

### **Eventuell fortsatt verksamhet inom området**

Nästa steg blir att pröva metoden genom att analysera brandfall på något eller några av kärnkraftverken.

---

<sup>1</sup> Projekt Yttre Händelser – slutrapport, SKI rapport 97:25

## **Effekt på SKI:s verksamhet**

Med hjälp av metoden kan SKI och tillståndshavarna vinna insikter om den manuella brandbekämpningens effektivitet. Eventuella svagheter kan identifieras och åtgärdas.

## **Projektinformation**

Projekthandläggare på SKI: Jan Nirmark  
Projektnummer: 00028

Forskning

---

# **Metod att utvärdera manuell brandbekämpning på kärnkraftverk - en förstudie för funktionskrav**

Carl-Axel Stenberg  
Lotta Andersson  
Henrik Eriksson

Sycon Energikonsult AB  
205 09 Malmö

April 2001



## Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>Bakgrund, mål och utförande .....</b>	<b>3</b>
1.1	Syfte och mål.....	3
1.2	Utförande.....	3
<b>2</b>	<b>Litteraturstudie .....</b>	<b>5</b>
2.1	”Civila” aspekter på manuella insatser.....	5
2.2	Manuella insatser kärnkraftverk.....	12
<b>3</b>	<b>Sammanställning av dagens räddningstjänst vid de olika verken           18</b>	
3.1	Övergripande organisation.....	18
3.2	Allmän kravbild, beredskapsresurser.....	18
3.3	Befintliga kommunala och lokala räddningsstyrkor.....	20
3.4	Organisation.....	21
3.5	Räddningsstyrkornas uppgifter.....	22
3.6	Utbildning.....	23
3.7	Utrustning.....	24
<b>4</b>	<b>Metodbeskrivning.....</b>	<b>25</b>
4.1	Händelseförlopp.....	25
4.2	Skyddsmål.....	27
4.3	Brandförlopp.....	28
4.4	Släckförmåga.....	33
4.5	Påverkansmodell.....	37
4.6	Modell för att jämföra händelseförlopp/brandscenario och tillgängliga resurser           40	
<b>5</b>	<b>Exempel .....</b>	<b>42</b>
5.1	Skyddsmål.....	43
5.2	Händelseförlopp.....	43
<b>6</b>	<b>Referenser .....</b>	<b>55</b>

## Sammanfattning

Brand är en av de postulerade händelser för vilket det krävs av tillståndshavarna att de genom omfattande säkerhetsanalyser visar att säkerheten är hög.

Säkerhetssystem ska vara skyddade mot brand så att säkerhetssystemen trots branden kan uppfylla sina funktioner. För att uppfylla detta har säkerhetssystemen i kärnkraftverken minst dubblerad säkerhetsutrustning som är både oberoende av varandra och väl separerade från varandra. Brandskyddet, som bygger på djupförvarsprincipen, har tre mål:

1. Förhindra att brand uppstår
2. Om en brand ändå skulle uppstå ska den snabbt detekteras och släckas.
3. Om detta misslyckas ska brandspridningen förhindras så att brandpåverkan på viktiga säkerhetsfunktioner begränsas.

För att det bättre ska kunna bedömas hur effektiv brandbekämpningen är vid kärnkraftverken har Sycon på uppdrag av SKI utvecklat en metod med vilken man kan analysera manuell brandbekämpning.

Metoden bygger på att brandförlopp jämförs mot räddningsstyrkans släckförmåga. Alla delar som ingår i brandbekämpningen ingår i analysen, dvs

- Brandbekämpningslag bestående av driftpersonal
- Intern Brandstyrka
- Extern räddningstjänst

På så sätt kan det avgöras om de tillgängliga resurserna i form av personal och utrustning är tillräckliga för att uppnå definierade skyddsmål.

Metoden består av följande delar:

1. Definition av skyddsmål d.v.s. den tiden tills kritiskt läge uppstår.
2. Analys av brandförlopp d.v.s. brandens tillväxt per tidsenhet.
3. Analys av släckförmåga d.v.s. den erforderliga mängd släckmedel som behövs för att släcka vid en viss tid.

## 1 **Bakgrund, mål och utförande**

Enligt SKIFS 1998:1 ska tekniska eller organisatoriska ändringar i en anläggning som kan påverka de förhållanden som har angivits i säkerhetsredovisningen anmälas till SKI innan de införs. SKIFS är SKI:s författningssamling. SKI granskar viktiga ändringar och beslutar om ytterligare krav eller villkor ska ställas.

Brand är en av de postulerade händelser för vilket det krävs av tillståndshavarna att de genom omfattande säkerhetsanalyser visar att säkerheten är hög.

För att bättre kunna analysera förändringar i den manuella brandbekämpningen vid kärnkraftverken behövs en metod som är anpassad till reaktorsäkerhetsaspekter och därför tar hänsyn till kärnkraftsblockens system- och anläggningsutformning.

### 1.1 **Syfte och mål**

Detta arbete har syftat till att ta fram en metod för att värdera manuell brandbekämpning på kärnkraftverk ur ett reaktorsäkerhetsperspektiv. Metoden ska kunna användas till att utvärdera organisationsförändringar och i vilken grad man kan tillgodoräkna sig den manuella brandbekämpningen. De olikheter som finns mellan kärnkraftblocken i säkerhetssystemens uppbyggnad och anläggningarnas utformning ska beaktas i modellen så att analyserna blir blockspecifika. De brandbekämpningsinsatser som omfattas av detta arbete är:

- Personal med i huvudsak andra arbetsuppgifter än brandbekämpning
- Intern brandstyrka
- Extern räddningstjänst

### 1.2 **Utförande**

Arbetet inleds med en inventering och kunskapssammanställning vilken omfattar studier av tillämpliga lagar, regler och normer samt sammanställning av de svenska kärnkraftsverkens status avseende manuella insatser.

Sedan formuleras gemensamma skyddsmål för verken samt en metod för bedömning av den manuella brandbekämpningen för ett godtyckligt svenskt kärnkraftverk.

Bedömning av den manuella brandbekämpningen görs genom att utifrån ett antal typbränder bestämma erforderlig insatstid för respektive brandbekämpningsinsats, dels med avseende på skyddsmål och dels med avseende på släckande eller begränsande förmågan.

För att visa hur formulerade skyddsmål kan uppnås med den framtagna metodbeskrivningen lämnas avslutningsvis några illustrerande exempel på tillvägagångssättet.

Arbetet har genomförts våren och hösten 2000.



Ansvarig för uppdraget har varit Carl-Axel Stenberg. Lotta Andersson, Henrik Eriksson och Joakim Ardenmark har också medverkat i uppdraget.

## 2 Litteraturstudie

Bränder har under alla tider följt människans utveckling och okontrollerade bränder har alltid varit fruktade. Flera stora städer har förstörts till följd av bränder bl.a. Umeå och Sundsvall, 1888, Gävle, 1869 och Karlstad, 1865. Till följd av sådana händelser fick vi den första brandlagen 1873, tätt följd av vår första bygglagstiftning 1874. Allt sedan dess har brandlagar och bygglagstiftning, främst ur ett föreskrivande och normativt synsätt, gemensamt utvecklats i vårt samhälle.

På senare tid har bygglagstiftningen utvecklats mot ett mera funktionsbaserat betraktelsesätt, vilket har medfört ett behov av metoder för att utvärdera de manuella insatserna. Detta har medfört ett antal projekt där man studerat de manuella insatserna ur olika perspektiv.

Litteraturstudien innebär därför både en genomgång av vad som finns i "övriga" samhället tillsammans med studier av vad som finns inom "kärnkraftsbranschen". Därtill redovisas en sammanställning av statusen beträffande manuell brandbekämpning på de verk som valt att delta i undersökningen.

### 2.1 "Civila" aspekter på manuella insatser

När man studerar några av de arbeten som utförts för att utvärdera räddningstjänstens insatser och beredskap, som till stor del består av åtgärder och beredskap för att släcka bränder, framkommer ett antal återkommande "aspekter". Dessa aspekter kommer i detta kapitel att kommenteras. Aspekterna är t.ex. tidsperspektiv, dynamik, resurstillgång, förutsättningar för ledning och taktik.

#### 2.1.1 Juridiska aspekter

Allt sedan Brandlagen 1873 har räddningstjänst reglerats genom lagar. Dagens lag som reglerar samhällets räddningstjänst är Räddningstjänstlagen [ref. 19]. Lagen ställer även krav på den enskilde och på brandförebyggande åtgärder. Det är viktigt att betona att det gäller vad samhället, dvs. stat och kommun, skall svara för vid olyckshändelser eller övervägande fara för olyckshändelse. Primärt återfinns brandskyddskraven i 41§. Räddningstjänstlagen förtydligar också ansvaret vid vissa händelser eller för speciella verksamheter. Bl.a. förtydligas skyldigheten för berörd anläggningsägare att bekosta beredskap och vidta åtgärder för att begränsa allvarliga skador på människor eller miljö i 43§. Räddningstjänst vid fara för utsläpp eller vid sanering efter utsläpp ansvaras av Länsstyrelsen inklusive en hänvisning till lagen om kärnteknisk verksamhet i 28§.

Är då varje manuellt ingrepp för att släcka bränder att betrakta som räddningstjänst? Nej, men i de fall då insatsen kräver stöd från samhällets resurser är det otvetydigt en fråga om räddningstjänst och sådan regleras i räddningstjänstlagen. Dock måste de fyra kriterierna enligt 2§ samtidigt vara uppfyllda.

Räddningstjänst är således en kommunal angelägenhet. Kommunernas ansvar inbegriper dock inte fjäll-, flyg- och sjöräddningstjänst, efterforskning av försvunna personer, miljöräddningstjänst till sjöss eller räddningstjänst vid utsläpp av radioaktiva ämnen. Staten har genom polisen, Luftfartsverket, Sjöfartsverket, Kustbevakningen och länsstyrelserna ansvaret för dessa sorter av räddningstjänst. Paragrafen medför ett "tungt" ansvar för kommunen och kan vara "svårt att verkställa", speciellt om det i den kommunen finns verksamheter med stor fara för allvarliga olyckshändelser i en kommun med små skatteintäkter. Av bl.a. den anledningen finns ansvaret uttalat för anläggningsägare eller verksamhetsutövare i 43 §. Värderingarna "tungt" och "svårt att verkställa" är kanske irrelevanta om man beaktar lagens andemening. Lagens andemening var att den enskilde ej ska lasta över ansvar och kostnader på samhället. Dock kan kommunen få ersättning av staten vid större/kostsamma insatser.

*43 § Vid en anläggning, där verksamheten innebär fara för att en olyckshändelse skall orsaka allvarliga skador på människor eller i miljön, är anläggningens ägare eller innehavare skyldig att i skälig omfattning hålla eller bekosta beredskap med personal och egendom och i övrigt vidta erforderliga åtgärder för att hindra eller begränsa sådana skador. Detsamma skall gälla flygplatser som har godkänts enligt 6 kap. 9 § första stycket luftfartslagen (1957:297).*

De svenska kärnkraftverken är i samtliga kommuner upptagna som en anläggning vilken klassificeras enligt §43. Skälet till att de svenska kärnkraftverken är klassade som § 43-anläggningar enligt räddningstjänstlagen är att de innebär en allvarlig fara för människor och miljö vid en radiologisk olycka. Räddningstjänstlagen reglerar alltså skyldigheter för anläggningsinnehavaren att vidta skadebegränsande åtgärder där verksamheten innebär fara för att en olyckshändelse skall orsaka allvarliga skador på människor eller i miljön. Det direkta ansvaret för att vidta förebyggande åtgärder för att hindra att olyckor av olika slag uppstår faller således på ägaren eller innehavaren av en byggnad eller anläggning. Detta skall enligt lagstiftningen ske på dennes eget initiativ, enligt 41 §.

*28 § Vid utsläpp av radioaktiva ämnen från en kärnteknisk anläggning i sådan omfattning att särskilda åtgärder krävs för att skydda allmänheten eller vid överhängande fara för ett sådant utsläpp skall länsstyrelsen svara för räddningstjänsten.*

*Länsstyrelsen skall också svara för saneringen efter utsläpp av radioaktiva ämnen från en kärnteknisk anläggning.*

*28 a § I 10 § lagen (1984:3) om kärnteknisk verksamhet finns bestämmelser om skyldighet för innehavare av kärnteknisk anläggning att vidta de åtgärder som behövs för att upprätthålla säkerheten vid anläggningen. Lag (1998:828).*

*29 § Kommunerna är skyldiga att delta i planeringen av räddningstjänsten vid utsläpp av radioaktiva ämnen från kärntekniska anläggningar och att medverka vid övningar i sådan räddningstjänst.*

*Kommunerna är vidare skyldiga att medverka i planering och övningar för sanering efter utsläpp av radioaktiva ämnen från kärntekniska anläggningar. Lag (1992:11).*

Vid överhängande fara för, eller vid utsläpp av radioaktiva ämnen från en kärnteknisk anläggning i sådan omfattning att särskilda åtgärder krävs för att skydda allmänheten skall länsstyrelsen svara för räddningstjänsten. Vid en brand som uppstår i eller hotar ett utrymme med utrustning för reaktorsäkerheten, så att fara för utsläpp av radioaktivitet uppkommer, ansvarar således länsstyrelserna för räddningstjänsten enligt räddningstjänstlagen. Detta innebär dock i praktiken främst det övergripande ansvaret samt varning och information till allmänheten, eftersom den operativa ledningen vanligen utses ur den kommunala räddningstjänsten.

### 2.1.2

#### **Tillsynsansvar**

Statens Kärnkraftinspektion (SKI) utövar tillsyn enligt Kärntekniklagen. När det gäller brandskyddet vid kärnkraftverken är SKI:s tillsyn begränsad till de delar som är av betydelse för reaktorsäkerheten. Brandskyddet vid kärnkraftverken regleras således av två lagar, Kärntekniklagen och Räddningstjänstlagen.

SKI har en omfattande gransknings- och inspektionsverksamhet mot kärnkraftverken. Brandskyddsfrågor ingår som en del av denna verksamhet. SKI har inte något tillsynsansvar för person- och egenomsskyddet. Men eftersom brandskyddsåtgärder ofta är kombinerade reaktor, person och egenomsskydd så faller de till stora delar under SKI:s tillsyn. Även förebyggande av driftstörningar ingår som en del av reaktorsäkerheten vilket innebär att SKI:s ansvar inte är begränsat till säkerhetsutrustning. Det är således endast brandskydd för väl separerade byggnader och byggnadsdelar utan drift- och säkerhetsanknytning som inte omfattas av SKI:s tillsyn.

Statens Räddningsverk (SRV), länsstyrelserna och räddningstjänsterna utövar tillsyn enligt räddningstjänstlagen. SRV utövar tillsyn över länsstyrelserna som i sin tur utövar tillsyn över kommunerna. SRV och länsstyrelserna har inte någon egen tillsyn av kärnkraftverken. Den speciella tillsynen av brandskyddet som kommunen ansvarar för enligt 41§ kallas brandsyn. Övrig tillsyn av 41§ och 43§ kallas just för tillsyn. § 41 innebär att de myndigheterna som utövar tillsyn enligt räddningstjänstlagen även inbegriper tillsyn av utrustning för livräddning vid brand eller annan olycka. Lagtexterna i Kärntekniklagen och Räddningstjänstlagen överlappar därmed varandra. Tillsynsansvaret är därmed inte uppdelat mellan SKI och de myndigheter som utövar tillsyn enligt §43. Däremot fokuserar respektive myndighet sin tillsyn på olika områden och kompetensmässigt kan man säga att organisationerna snarare kompletterar än överlappar varandra.

Länsstyrelserna kan, i och med att de är tillsynsmyndighet för den kommunala räddningstjänsten, ställa krav på den kommunala räddningstjänsten.

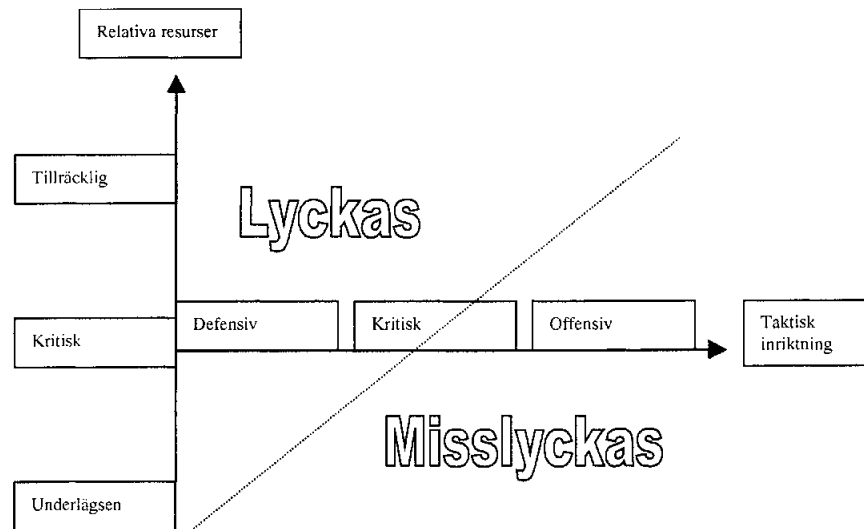
Kärnkraftskommunernas räddningstjänster utför årliga brandsyner för kontroll av efterlevnaden av § 41 enligt räddningstjänstlagen. På senare tid har även speciella § 43 inspektioner utförts.

### 2.1.3 **Ledning**

Flera referenser [ref. 13, 14, 15, 17, 18] poängterar att uppbyggnaden av ledningsstrukturer är ett återkommande bekymmer. Framförallt är ledningsarbete i längre tidsskalor, längre än det omedelbara arbetet på skadeplatsen, svåra att åstadkomma. Långa tidsförlopp är aktuella vid större insatser. För att komma till rätta med problemet ges i [ref. 13, 15] ett antal förslag. Framförallt påpekar man att det skall finnas ett mål med insatsen, det skall vara möjligt att fastställa och påverka läget samt att det skall finnas en modell av systemet (här avser man insatsen som ett system) vilket ställer krav på målbeskrivningar på kort och lång sikt samt metoder för informationsspridning. Man har funnit att arbetet i det korta perspektivet snabbt ger återkoppling och baseras på erfarenheter och igenkänning. Arbetet i det långa tidsperspektivet ger inte återkoppling på samma sätt och kräver således mera planering och arbetet bygger på mentala modeller. Varje insats, särskilt långvariga, är en blandning av tidsskalor på kort och lång sikt. Vilket anses leda till att övergripande ledning i långa tidsskalor skall etableras redan i inledningskedet, för att skapa en modell av händelsen, skeendet och utvecklingen. Etableras en stab kan dess första arbetsuppgifter vara att förutsäga den mest gynnsamma och den mest ogynnsamma händelseutvecklingen.

### 2.1.4 **Taktik**

Alla insatser där överväganden avseende optimering och sammanhang är aktuella ställs krav på taktik. Taktik definieras i [ref. 14] som en önskan att nå kontroll redan innan olyckan inträffar. Taktiken styrs av syftet med insatsen, skadans art och de tillgängliga resurserna. Tillväxthastigheten i situationen och resurserna anses också vara avgörande ur taktisk aspekt. I [ref. 16] redovisas en taktisk modell som blivit allmänt accepterad. Man beskriver ett diagram där resurstillgången återfinns på ena axeln och insatsens taktiska inriktning på den andra, se figur 1 nedan.



Figur 1 Relationen mellan taktisk inriktning och tillgängliga resurser [ref. 16].

Figuren tolkas så att en insats som är offensiv i sin taktiska inriktning, dvs. en invändig rökdykarinsats för att släcka branden, samtidigt som resurserna är tillräckliga har stora möjligheter att lyckas. Att definiera vilka insatser som betraktas som offensiva och defensiva är tämligen enkelt, de relativa resurserna är däremot svårare att definiera. I [ref. 16] introducerar man ett nytt angreppssätt för att utvärdera om resurserna är tillräckliga eller underlägsna. Angreppssättet bygger på fysikaliska modeller där tillgängliga släckresurser jämförs mot det förväntade brandförloppet. Även andra deterministiska och stokastiska modeller, för att värdera släckresurserna, omnämns i [ref. 25]

De allra flesta insatserna vid kommunal räddningstjänst angrips med snabba offensiva attacker, t.ex. rökdykning för att släcka brand i rum, losstagnning vid bilolycka m.m.. Denna offensiva taktik är i de allra flesta fall lyckosam och därför helt riktig. Även i fall där det är, rent teoretiskt, osäkert om vilken taktik som skall användas är det mycket vanligt att räddningsstyrkan uppträder offensivt. Detta tillvägagångssätt sitter djupt rotat i räddningspersonalens medvetande. Därför är det svårt att "ställa om" till ett defensivt uppträdande. Ett utmärkt hjälpmedel för att snabbt kunna ställa om till defensivt uppträdande är konkreta insatsplaner.

En annan "taktisk sanning" som bl.a. finns inom Räddningsverkets skolor är överstark/understark – begränsad/obegränsad. Synsättet påminner om ovanstående, med den skillnaden att den taktiska inriktningen byts ut mot händelsens omfattning. Synsättet anses i [ref. 14] vara felaktigt, eftersom ingen händelse bedöms obegränsad. Händelsens omfattning utgår dock från befällets upplevelser i inledningsskedet och begreppet obegränsad avser i regel begreppet oöverskådlig.

### 2.1.5 Tidsperspektiv, dynamik

Tidsperspektivet i en händelse och händelseutvecklingens dynamik anses vara avgörande faktorer, dock beskrivs perspektivet på lite olika sätt.

I [ref. 14] talar man istället om hur tidsperspektivet påverkar taktiken. Eftersom taktik avser någon form av optimering inses att vartefter händelseförloppet fortskrider erhåller man förändrad taktisk inriktning. Händelseförloppet påverkar kanske inte syftet med insatsen (i fallet reaktorsäkerhet är det att förhindra härdskada), men den taktiska inriktningen kan påverkas av händelseutvecklingens dynamik och hur resurserna förändras efterhand som tiden löper.

I [ref. 13] fokuseras på ledningsförmågan, på olika nivåer, under ett tidsförlopp. Man menar att om inte ledningsförmågan kan upprätthållas genom händelseutvecklingen så kan inte insatsen upprätthålla sin funktion. Detta kan verka vara ett okomplicerat faktum men har visat sig vara ett återkommande problem, särskilt vid insatser som är utsträckta i tid och utvecklas dynamiskt. En händelse som utvecklas med tiden ställer krav på flera samtidigt verkande ledningsnivåer eller att ledningsnivåer tillkommer eller avgår. Man poängterar vikten av att i förväg ha genomtänkta strukturer samt en väl tilltagen överlappning vid förändringar i ledningsstrukturen.

#### 2.1.6 Resurstillgång, teknisk nivå

Resurserna vid en räddningsinsats är en avgörande faktor. Med resurser avser man vanligtvis både personella och materiella medel, men även kunskap och teknisk nivå ingår. De personella resurserna har utretts vid flera tillfällen under 60-talet av bl.a. Statens Brandinspektion (nuvarande Räddningsverket), främst för att utreda minimibemanning för olika insatser [ref. 22, 23]. En del av resultaten i dessa utredningar medtogs i Räddningstjänstlag och –förordning [ref. 19, 20] som kom ut 1986. Även Arbetarskyddsstyrelsen hänvisar till räddningsverkets utredningar [ref. 24]. Arbetarskyddsstyrelsen definierar klart vilken grundbemanning, utbildning och utrustning som skall gälla för att ta hänsyn till den egna säkerheten vid rök- och kemdykning. Detta är alltså inget dimensioneringskrav utan en arbetarskyddsregel. Dessa följs i regel av de kommunala räddningstjänsterna. Man kan säga att denna arbetarskyddsregel har kommit att bli en sorts miniminivå för dimensioneringen av kommunens beredskap. Detta innebär att kommunerna har krav på en minimibemanning för att överhuvudtaget få lov att genomföra rökdykarinsatser, den är:

- En räddningsledare
- En rökdykarledare
- Två rökdykare
- En särskild utsedd person att svara för säker tillgång av släckvatten

Detta är vad man i allmänhet förkortar 1+4, dvs. minimibemanning för att utföra rökdykarinsatser är 5 personer, såvida det inte är en mycket enkel insats. Även utbildningsprogram finns definierade, men avser främst grundutbildningskrav för att få lov att arbeta som rök- och kemdykare.

I [ref. 25] noterar man att en sammanställning av tillgängliga personella resurser vid de kommunala räddningstjänsterna vid första larm, klart understiger de rekommendationer som gavs i Statens Brandnämnds meddelande från 1965. Rekommendationerna avsåg tätorter med mer än 25 000 invånare.

I [ref. 39] menar man att räddningsstyrkornas sammansättning och storlek till största delen beror på tradition, erfarenhet och som resultat av eventuella kommunsammanslagningar. Systematiska studier kring behovet av räddningsstyrkornas storlek och sammansättning tyckte man saknades. Vid en sammanställning av räddningsstyrkornas sammansättning enligt larmplan fann man att styrkornas storlek berodde mer på var i kommunen objektet var beläget än på vilken typ av objekt det rörde sig om. Detta innebär att räddningsstyrkans sammansättning för en industri i en del av kommunen kan ha en annan sammansättning vid en liknande industri placerad i en annan del av kommunen. Å andra sidan är räddningstjänsten även till för annat än enskilda industriobjekt.

Statens Räddningsverk, SRV, har påbörjat ett projekt där man vill utarbeta en kravnivå som skall gälla för de personer som skall arbeta som rök- och kemdykare. Kravnivån ämnar att definiera både fysiska och kunskapsmässiga förutsättningar som krävs av personalen för att kunna fungera vid olika definierade insatser. Man vill t.ex. definiera vilken muskelkraft som krävs för att dra slang till tredje våningen, vilken arbetsförmåga som krävs efter vistelse i varmt rum m.m. för att efterlikna de förhållanden som råder vid definierade ”typinsatser” [ref. 35].

### 2.1.7 **Optimering av byggnads brandskydd**

I [ref. 25] ville man utreda om det är möjligt att optimera en byggnads säkerhetsnivå till följd av den rådande manuella beredskapen eller vice versa. För att utforma en modell för optimering av brandförebyggande åtgärder och räddningsinsatser introducerar författaren ett tankemönster som baseras på teorier inom reglertekniken.

Nuvarande bygglagstiftnings två grundläggande brandkrav på byggnader är att säker utrymning ska kunna äga rum och att brand ej ska sprida sig till granne. Dessa krav skall gälla oavsett om anläggningen ligger i storstaden eller på landsbygden. Eftersom brandlagar och bygglagstiftning utvecklats parallellt sedan slutet av 1800-talet, menar man att den manuella beredskapen fungerar som en redundant funktion till det byggnadstekniska brandskyddet givet de två kraven. Insattstider och beredskapsresurser för räddningstjänst i glesbygd är av naturliga skäl begränsade, brandstyrkan kanske inte kan tillgodoräknas samtidigt som detta kanske måste kompenseras med en högre kravbild på det byggnadstekniska brandskyddet. Vilket innebär att ett hotell i fjällvärlden bör ha en större tillförlitlighet i sitt byggnadstekniska brandskydd än ett hotell i en storstad.

Detta betraktar författaren som ett optimeringsproblem. Någon praktisk tillämpning presenteras dock inte.

### 2.1.8 **Beslut, beslutsteori**

Beslutsteori är en komplex aspekt och beskrivs på olika sätt beroende på vilken forskare som studeras. I [ref. 13, 14, 15] har man försökt att konkretisera beslutsteorin för de som förväntas ta beslut vid en insats. Man är relativt



överens om att beslut i stor utsträckning baseras på igenkänning. Detta fungerar bra vid insatser som är begränsade och insatsledaren kan få omedelbar överblick. Vid stora olyckor finns inte möjlighet till samma återkoppling och kräver således mera planering. Med planering avses både övning och teoretiska modeller för hur en insats kan te sig vid en postulerad händelse, s.k. insatsplaner. I [ref. 18] ges förslag på vad som bör ingå i en insatsplanering för mera komplexa objekt.

### 2.1.9 Prioriteringsregler

Kommunal och statlig räddningstjänst arbetar efter klart angivna prioritetsregler [ref. 19, 20]. I de fall räddningsledaren måste prioritera resurser görs detta i följande ordning:

1. Rädda liv
2. Rädda miljö
3. Rädda egendom

Kombineras prioriteringsreglerna med den ”normala”, offensiva taktiska inriktningen kan det innebära ett resursproblem vid bränder i rum med konsekvenser för reaktorsäkerheten. Detta innebär att de normala prioriteringsreglerna ställs på sin spets vid en brand när en skadad människa finns inom brandrummet och brandrummet är av vital betydelse för reaktorsäkerheten. Två fall blir tydliga, dels fallet då livräddning inte är aktuellt och dels det fall då livräddning måste beaktas. I praktiken har räddningsledaren att ta ställning till detta vid varje enskild händelse. En väl genomarbetad insatsplan där reaktorsäkerhetsaspekterna beaktats torde vara ett värdefullt stöd vid resursbrist.

### 2.1.10 Hotbild, skyddsnivå

Arbetarskyddet [ref. 24] är en annan intressant aspekt som aktualiseras vid manuella insatser mot bränder i industrimiljö. Räddningsledaren är skyldig att tillse att de risker som rökdykare utsätts för är rimliga med tanke på vad som kan uppnås med insatsen.

### 2.1.11 Samtidiga insatser, enkelfelskriteriet

I [ref. 13] berör man kort en intressant aspekt, nämligen samtidiga insatser. I kommunal beredskapsplanering har man att ta ställning till kostnaden för beredskapen i förhållande till den frekvens av olyckor som råder i den aktuella kommunen. Vid vissa tillfällen pågår flera insatser samtidigt, medan det vid andra tillfällen inte pågår några insatser alls. Vid kärnkraftverk betraktas vanligtvis brand som en isolerad händelse, dvs. i den mån beredskapsresurserna tillgodoses har de endast att beakta ett händelsescenario.

## 2.2 Manuella insatser kärnkraftverk

Följande beskrivning bygger på studier av referenserna [ref. 1-11] vilka dels består av specifika kärnkraftskrav och dels av mer allmänna industrikrav.

### 2.2.1 Djupförsvar

Manuell brandbekämpning ses enligt IAEA [ref. 1] som en viktig del i djupförsvarsprincipen. I utrymmen med stor brandbelastning kan den manuella brandbekämpningen vara den andra chansen till släckning efter automatiskt släcksystem och i utrymmen med lite brandbelastning kan det vara den enda släckmöjligheten.

Brandbekämpning kan innebära de på varandra följande insatserna av:

1. Omedelbar insats av lokal brandstyrka bestående av brandskyddsutbildad driftpersonal med tillgång till släckutrustning på plats (handbrandsläckare etc)
2. Intern brandstyrka (om sådan krävs av myndighet eller självpåtaget enl. 41§ RÅL)
3. Extern räddningstjänst

### 2.2.2 Organisation, struktur

Ansvarsområden skall enligt IAEA [ref. 1] vara tydligt definierade.

Enligt NFPA 600 [ref. 2] skall den ansvarige för brandstyrkan eller den brandskyddsansvarige (firefighting-management) bland annat ansvara för att en organisationsplan upprättas, granskas och upprätthålls. Denna plan skall innehålla:

- a) Organisationens grundstruktur
- b) Typ, mängd och frekvens av utbildning och träning
- c) Antal medlemmar i brandstyrkan
- d) Brandstyrkans arbetsuppgifter och begränsningar
- e) Under vilka skift som brandstyrkan skall finnas tillgänglig

Enligt Svenska Brandförsvarsförbundet, SBF:s, anvisningar [ref. 7] bör en brandförsvarsledare svara för att brandberedskapen i alla hänseenden är den högsta möjliga. Beroende på bl a personalstyrkans storlek anses det vara lämpligt med en brandförsvarskommitté. Vidare sägs att det med hänsyn till den stora omfattningen av anordningar som fortlöpande kräver tillsyn, kontroll och provning samt för att möjliggöra en verkligt effektiv brandförsvarsutbildning och träning av personalen kan vara klokt att lägga det direkta ansvaret för detta på en heltidsanställd brandmästare. Samordning med anläggningens strålskyddsgrupp sägs vara ofrånkomlig.

Av stor betydelse för brandsäkerheten vid kärnkraftverk sägs i SBF:s anvisningar [ref. 7] vara att brandförsvarsledaren (brandmästaren) håller god kontakt med den kommunala räddningsschefen.

I SBF:s anvisningar [ref. 7] läggs ansvaret för att god ordning upprätthålls inom verket på brandförsvarsledaren (brandmästaren). Detta innefattar att brandförsvarsledaren skall utbilda och tillrättavisa personalen samt genomföra regelbundna kontrollronder för att förvissa sig om att branddörrar hålls stängda, att utrymningsvägar ej är belamrade med olika slags föremål, att brännbart emballage omedelbart efter uppäckning förs bort från verkets lokaler, att rökning endast sker på därför tillåtna platser etc.

### 2.2.3 Utbildning och träning

Driftpersonal med ansvar för brandsläckning skall enligt IAEA [ref. 1] inneha kunskap om tillvägagångssätt för släckning av alla typer av händelser och få regelbunden träning.

Regelbunden träning krävs också för samtliga personer ingående i den interna och den externa brandstyrkan (on-site and off-site personel). Frekvensen kan varieras med hänsyn till erfarenhet.

Insatsstyrkorna skall ha sådan kunskap om anläggningen att insatser skall kunna göras även om lokalerna är rökfyllda eller dåligt belysta.

Träningsprogram bör finnas och övningar skall innehålla simulerad användning av utrustning i respektive område och skall vara planerad och också utvärderad direkt efter slutförande så att det kan värderas hur väl målen uppfyllts. Även kommunikation mellan de olika styrkorna och kontrollrumspersonal skall övas.

I NFPA 600 [ref. 2] skiljer man på olika typer av insatsstyrkor beroende på deras uppgifter, de olika typerna är:

1. Brandstyrka för insats i brandens begynnande skede
2. Brandstyrka för avancerade insatser utomhus
3. Brandstyrka för insats inne i byggnad
4. Brandstyrka för avancerade insatser både inom- och utomhus

Observera att denna indelning även kan användas vid kravspecifikation på de olika brandbekämpningsinsatser som anges i IAEA [ref. 1].

Respektive brandstyrketyp har olika krav på övning, utbildning och träning. För brandstyrka av typ 1 ställs krav på årlig träning, utbildning och övning. För de övriga av typerna av brandstyrkor skall utbildning och träning erhållas minst fyra (4) gånger per år och övning skall erhållas minst två (2) gånger per år.

Enligt NFPA 803 [ref. 3] skall brandövning erhållas 2 ggr/år. Den regelbundna träningen skall se till att varje brandstyrkemedlem är kapabel att utföra följande:

- a) Larma intern brandstyrka och extern räddningstjänst
- b) Identifiera vilken larmzon eller brandskyddssystem som har aktiverats
- c) Använda tillgänglig räddnings- och släckningsutrustning
- d) Aktivera brandskyddssystem, såsom t ex släcksystem och ventilationssystem
- e) Samarbeta med och assistera den externa räddningstjänsten
- f) Träna verkspersonal i tillträdesanvisningar för rum med gasläcksystem.

Enligt [ref. 4,6,9] skall brandskyddsledaren/räddningsledaren och minst två av de övriga i brandstyrkan ha kunskap om de nukleära säkerhetssystemen för att förstå de eventuella effekterna av en brand.

Enligt referens [ref. 6,9] skall minst en övning för varje skift vara oannonserad. Vart tredje år skall en slumpvis utvald oannonserad övning granskas av en

kvalificerad person oberoende av tillståndshavarens personal. Övningar som ej gett tillfredsställande resultat skall följas av en upprepad övning inom 30 dagar. I referens [ref. 6,9] anges även vad som minst bör ingå i varje övning.

Enligt SBF:s anvisningar [ref. 7] är det brandförvarsledarens ansvar att se till att personalen hålls på en sådan utbildnings- och övningsnivå att var och en av dem snabbt och effektivt kan ingripa i händelse av brand eller brandfara.

Extern räddningstjänst skall vara tränad att kunna hantera områden med de speciella risker som kärnkraftverk har. Extern räddningstjänst skall enligt NFPA 805 [ref. 4] erbjudas träning på plats och inbjudas till medverkan i minst en övning årligen.

#### **2.2.4 Insatsplan**

Insatsplan där nödarrangemang och strategier vid brand beskrivs skall enligt IAEA [ref. 1] finnas för samtliga block och byggnader inom ett block.

Enligt [ref. 4,9] skall aktuella och detaljerade insatsplaner finnas för alla delar av anläggningen där en brand kan äventyra reaktorsäkerheten. Insatsplanerna skall innehålla detaljerad beskrivning av brandcellernas konfiguration och brandrisker. Dessutom skall eventuell säkerhetsrelaterad utrustning, brandskyddssystem och åtgärder beskrivas. Insatsplanerna skall finnas tillgängliga i centrala kontrollrummet. En insatsplan skall erbjudas den externa räddningstjänsten där tillvägagångssätt för eventuellt samarbete vid brand beskrivs.

Enligt SBF:s anvisningar [ref. 7] ankommer det på den kommunala räddningschefen/brandchefen att i samråd med verkets företrädare upprätta och ständigt hålla aktuella släck- och räddningsplaner. Detta anges också i 69§ RåL och i 12§ "Sevesodirektivet"

#### **2.2.5 Resurstillgång**

Enligt IAEA [ref. 1] skall den interna brandstyrkan kompensera om den externa räddningstjänsten är otillräcklig eller långt bort från verket.

Enligt [ref. 3,6,9] skall utrustning finnas för att passa hela anläggningens behov.

Enligt referens [ref. 4,9] skall brandstyrkan bestå av minst 5 personer vilka ska vara utrustade och tränade för att klara alla bränder som kan uppkomma inom anläggningen

#### **2.2.6 Provning och underhåll**

Provning och underhåll av branddetektion, släckutrustning och andra brandskyddsåtgärder skall enligt referens [ref. 1,3,7] skötas av den interna brandstyrkan och ske enligt nationell standard. Även anordningar av byggnadsteknisk art, såsom brandsektioneringar, branddörrar, brandspjäll, anordningar för ventilation och brandventilation skall tillses och provas.

Enligt IAEA [ref. 1] skall provnings- och underhållsförfarandet även innefatta upprättande av instruktioner och förberedelser för situationer när brandskyddsåtgärder ej är tillgängliga. Instruktionerna skall enligt IAEA [ref. 1] behandla driftpersonalens roll i förhållande till den omedelbara släckinsatsen av lokal brandstyrka, intern brandstyrka och extern räddningstjänst.

### 2.2.7 **Insatstider**

I de studerade referenserna anges inga specifika krav på insatstider. Dock kan en diskussion föras angående realistiska maximala insatstider i utrymmen med säkerhetsrelaterad utrustning. Utifrån den uppdelning av olika typer av insatsstyrkor som görs i NFPA 600 [ref. 2] kan slutsatsen dras att insatsen åtminstone skall ske innan komponenterna riskerar att felfunktionera. Det skall observeras att insatstider definieras på olika sätt inom Sverige och utomlands.

### 2.2.8 **IAEA**

IAEA Safety Series No. 50-P-6 [ref. 1] är ett dokument som kompletterar IAEA Safety Series No. 50-SG-D2 [ref. 11] genom att tillhandahålla en detaljerad checklista för att avgöra om kraven vad gäller brandskyddsåtgärder och manuell brandbekämpningskapacitet är uppfyllda. Syftet med rapporten är att presentera en plan för inspektion av brandskyddsåtgärder i enlighet med IAEA Safety Series No. 50-SG-D2 [ref. 11].

Rapporten redovisar en metodik för inspektion och värdering av brandskyddsåtgärder samt manuell brandbekämpning. Huvudsyftet med inspektionen är att erhålla en oberoende värdering av brandskyddsåtgärdernas effektivitet och den manuella brandbekämpningens effektivitet.

Rapporten är upplagd i tre delar nämligen metodik, värdering och slutsatser samt inspektionschecklista. Metodikdelen beskriver den metodik som skall tillämpas vid användning av checklistorna. Metodiken är indelad i de tre huvudmetoderna granskning av relevant dokumentation, intervjuer med personal samt platsbesök.

Den del som behandlar värdering och slutsatser beskriver hur varje brandskyddsåtgärd värderas genom att de påståenden som ställs i checklistan leder till en av nedanstående slutsatser:

1. Satisfactory
2. Needs further evaluation
3. Unsatisfactory

I den delen som behandlar själva checklistan beskrivs att checklistan skall tillämpas av en liten grupp med brandskyddsspecialister. Checklistan innefattar ett stort antal påståenden angående de brandskyddsåtgärder och system som skall beaktas. Det påpekas att checklistan inte är total utan skall ses som ett minimum. I bilaga 1 redovisas den del av checklistan som behandlar manuell brandbekämpning.

Sammanfattningsvis kan sägas att checklistorna ger en bra bas till en metodbeskrivning för värdering av den manuella brandbekämpningens tillräcklighet.

**2.2.9 Metod för analys av manuella ingrepp vid brand**

I PSA Nivå 1 för B1 och B2 genomfördes en analys av manuella ingrepp för de utrymmen innehållande redundant säkerhetsutrustning. Analysmetoden som används utvecklades inom ramen för projekt Yttre Händelser [ref. 21].

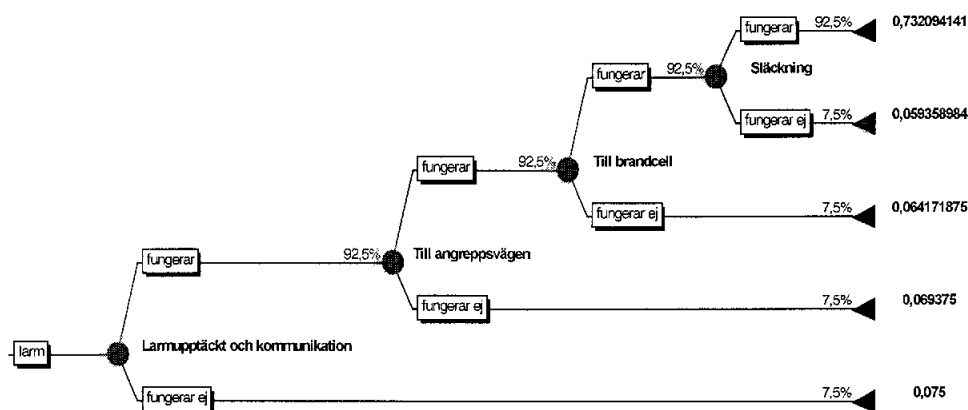
Analysen av manuella ingrepp vid brand måste föregås av en analys av tiden till kritiska förhållanden för säkerhetsrelaterade komponenter i brandrummet. Resultatet av en sådan analys anger hur lång tid personalen har på sig att släcka branden i rummet från det att larmet signaleras i kontrollrummet.

Metoden är indelad i fyra steg för att analysera de manuella ingrepp som krävs för att släcka en brand. Sannolikheten för lyckad släckning har beräknats med hjälp av påverkansfaktorer, PSF, för respektive delsteg i släckinsatsen. Påverkansfaktorerna uppskattades efter genomgång av ingreppen med kontrollrumspersonal och personal ansvariga för brandskyddet.

Analysen delades upp i fyra delsteg:

1. *Larmupptäckt och kommunikation:* Består av att uppfatta larmet inne i kontrollrummet samt att kommunicera med brandstyrkan.
2. *Till angreppsvägen:* Består av att brandstyrkan hämtar brandbilen, byter om och samlas utomhus vid en fastställd angreppsväg.
3. *Till rummet:* Består av att brandstyrkan tar sig från angreppsvägen fram till rummet där det brinner.
4. *Släckning:* Består av att ta fram släckutrustning och utföra själva släckinsatsen.

Den logiska strukturen redovisas i händelseträdet i figur 2.



Figur 2 Händelsetråd för manuella insatser.

Genom att beräkna sannolikheter för respektive delsteg och införa dessa i händelseträdet kan sannolikheten för lyckad släckning erhållas genom att summera ihop alla de grenar som slutar med lyckad släckning. Felsannolikheten för ett visst delsteg kan exempelvis beräknas genom

antagande om att det föreligger ett linjärt samband mellan misslyckad insats och tillgänglig tid.

### **3 Sammanställning av dagens räddningstjänst vid de olika verken**

Kapitlet är en förkortad framställning av hur manuella ingrepp mot brand genomförs vid de olika verken. Forsmark har avstått från att beskriva sin verksamhet. Vidare sammanställning och beskrivning av hur manuella ingrepp genomförs vid Forsmark kan därför inte göras.

#### **3.1 Övergripande organisation**

Samtliga svenska kärnkraftverk är i dag klassificerade enligt §43 Räddningstjänstlagen, vilket medför skyldighet att hålla och bekosta den beredskap som krävs för att hindra eller begränsa allvarliga skador på människor eller i miljön. Denna skyldighet har man funnit lite olika lösningar på, vad gäller manuella ingrepp, vid de olika anläggningarna. Detta kan också härstamma från 41§ RÅL.

##### **3.1.1 Barsebäck**

Brandbekämpning vid Barsebäcksverket utförs av kommunens räddningstjänst, den interna brandstyrkan samt driftpersonal. Kommunens räddningstjänst regleras genom avtal. Kommunens brandstyrka (1+4 heltid) finns placerad i Löddeköpinge ca 6 km från verket. Den interna brandstyrkan består av 3 personer i vaktstyrkan och är placerad på verket.

##### **3.1.2 Ringhals**

Brandbekämpning vid Ringhalsverket utförs av kommunens räddningstjänst, den interna brandstyrkan samt driftpersonal. Kommunens räddningstjänst regleras genom avtal. En av Kommunens brandstyrkor, den interna brandstyrkan, finns placerad vid verket (1+4 deltid).

##### **3.1.3 Oskarshamn**

Brandbekämpning vid Oskarshamnsverket utförs av kommunens räddningstjänst, den interna brandstyrkan samt driftpersonal. Kommunens räddningstjänst regleras genom avtal. Den interna brandstyrkan finns placerad vid verket (1+4 heltid) och utgörs av en av kommunens brandstyrkor.

#### **3.2 Allmän kravbild, beredskapsresurser**

I varje kommun svarar räddningsnämnden för räddningsinsatser vid olyckshändelse, undantaget är bl.a. utsläpp eller hot om utsläpp av radioaktiva ämnen då Länsstyrelsen har ansvaret. Den allmänna kravbild baseras på räddningstjänstlagen. I räddningstjänstlagen §43 [ref. 19] ställs krav på att vissa verksamheter skall bekosta viss beredskap. Det är räddningsnämnden som definierar vilka verksamheter som detta avser. I samtliga kommuner har verken definierats som §43-anläggningar. Utöver detta finns krav i anläggningarnas säkerhetsredovisningar.

Med insatstid avses tid till att en åtgärd får verkan. Exempelvis när första droppen ifrån rökdykarens strålrör träffar branden eller när första rökluckan öppnats. Insatstiden delas i sin tur upp i anspänningstid, körtid och angreppstid.

Där anspänningstiden (tiden för brandstyrkan att komma till stationen, byta om, larmkwittering, första ordergivningen och uppsittning) är tiden mellan larm och utkörning från brandstationen. För heltidsstationer sätts denna tid till 1.5 minut och för deltidstationer 5-8 minuter. Kör tid är tiden från brandstationen till skadeplatsen (på ett kärnkraftverk egentligen till grindarna vid vakten) och slutligen angreppstiden som är tiden för orientering, ordergivning samt förberedelser för själva insatsen tills det att första åtgärd får verkan. Insatstiden börjar räknas när larm ges till uttryckande enhet.

Enligt SRV antages, som någon sorts schablontid, angreppstiden till 1 minut. Denna schablontid gäller dock endast bostadsbrand i max trevåningshus. Denna tid överensstämmer därför normalt inte med reella angreppstider som på ett kärnkraftverk kan uppgå till 20 minuter, om angreppet förutsätts ske långt in i verket. Likaväl kan angreppstiden vara så kort som 1 minut om det rör sig om en litet förrådsutrymme och om förrådet är beläget nära vakten.

De i fortsättningen redovisade insatstiderna är alltså egentligen insatstider med angreppstid enligt schablon d.v.s. 1 minut. Detta är alltså inte reella insatstider.

### 3.2.1 Ringhals

Grundkravet är 1 deltidbrandförman och 4 deltidbrandmän. Insatstiden är 10 minuter och anspänningstiden 5 minuter. Skiftgående strålskyddsingenjör (brandförmannen) utgör räddningsledare i initialskedet. Området för den lokala brandstyrkan sträcker sig till Väröbacka/Videbergs hamn, vägen mot Gloppehamnen och havet, men är föremål för revidering.

Den interna räddningsstyrkan består av bevakningspersonal vid Ringhals och kallas vid larm.

### 3.2.2 Barsebäck

Grundkravet i den interna brandstyrkan är 3 stycken väktare. Väktarna uppfyller inte några formella krav för hel- eller deltidbrandman. Avtalet med kommunen ger 1 heltidsförman och 4 heltidsbrandmän. Dessa är placerade i Löddeköpinge och har en anspänningstid om 1,5 minuter och insatstid om 10 minuter (Barsebäcksverket tillhör grupp 1 bebyggelse enligt den kommunala räddningstjänstplanen).

### 3.2.3 Oskarshamn

Grundkravet i den interna brandstyrkan är 1 heltidsbrandmästare och 4 heltidsbrandmän. Insatstiden är 10 minuter och anspänningstiden är 1,5 minuter. Räddningsstyrkan är kommunalt anställda och utför även uttryckningar i den del av kommunen närmast anläggningen samt utför även arbeten i OKG:s anläggningar. Driftspersonalens uppgift är att vara vägvisare vid insats. Deras insatstid är 10 minuter. Den interna styrkan är den kommunala räddningstjänsten som är placerad lokalt. Det gäller också för vägvisaren.



### 3.3 Befintliga kommunala och lokala räddningsstyrkor

Deltidsanställd räddningspersonal har andra arbetsuppgifter och kallas från sina ordinarie sysselsättningar vid larm.

#### 3.3.1 Ringhals

Varberg (heltid); avstånd 25 km, 1+1+4 +1 Brandingenjör, BI, insatstid ca. 30 min

Kungsbacka (heltid); avstånd 35 km, 1+1+3 +1 BI, insatstid ca. 35 min.

Intern räddningsstyrka (deltid); avstånd 0 km, 1+4, insatstid ca. 10 min

Väröbacka (deltid); avstånd 6 km, 1+6, insatstid ca. 15 min

Veddige (deltid); avstånd 15 km, 1+4, insatstid ca. 20 min

Frillesås (deltid); avstånd 15 km, 1+4, insatstid ca. 20 min.

Tabell 1 Bemanning i brandstyrkan vid olika tidsintervall.

Tidsintervall	Driftsorganisation	Intern brandstyrka	Kommunen
1 min			
5 min			
10 min		1+4	
15 min		1+4	1+6
1 timme		1+4	1+5+22 +2 BI
2 timmar		1+4	Länsvisa resurser
5 timmar		1+4	Länsvisa resurser

#### 3.3.2 Barsebäck

Löddeköpinge (heltid); avstånd 6 km, 1+1+4 +1 BI, insatstid ca. 10 min

Kävlinge (deltid); avstånd 16 km, 1+4, insatstid ca. 20 min.

Intern räddningsstyrka (deltid); avstånd 0 km, 3, insatstid ca. 5 min

Tabell 2 Bemanning i brandstyrkan vid olika tidsintervall.

Tidsintervall	Driftsorganisation	Intern brandstyrka	Kommunen
1 min	2 st (larmhantering)		
5 min	3 st väktare	3 st väktare	
10 min	3 st väktare	3 st väktare	1+4 (heltid)
15 min	3 st väktare	3 st väktare	1+4 (heltid)
1 timme	3 st väktare	3 st väktare	1+3+4+16
2 timmar	3 st väktare	3 st väktare	10 kommuner
5 timmar	3 st väktare	3 st väktare	Länets resurser

#### 3.3.3 Oskarshamn

Oskarshamn (hel/deltid); avstånd 30 km, 1+4+2 Befäl, insatstid ca. 25-30 min.

Kristdala (deltid); avstånd 34 km, 1+4, insatstid ca. 40 min.

Intern räddningsstyrka (deltid); avstånd 0 km, 1+4+1 vägvisare, insatstid ca. 10 min.

I beredskapen finns även räddningsvårn i Bockara och Figeholm. I räddningsledningen finns en chef i beredskap samt räddningschef och kommunal ledningsgrupp. Övriga räddningstjänstresurser i länet redovisas i dokumentet "Förstärkningsresurser, räddningsregion norra Kalmar län". Denna skrift bifogas ej.

Tabell 3 Bemanning i brandstyrkan vid olika tidsintervall.

Tidsintervall	Driftsorganisation	Intern brandstyrka	Kommunen
1 min			
5 min			
10 min	1 vägvisare	1+4	
15 min	1 vägvisare	1+4	
1 timme	1 vägvisare	1+4	2+8+2 Befäl
2 timmar	1 vägvisare	1+4	6 kommuner
5 timmar	1 vägvisare	1+4	Länets resurser

### 3.4 Organisation

#### 3.4.1 Ringhals

Vid alla räddningsinsatser inom Ringhals skall en stab bestående av kommunala räddningstjänsten, polis, ambulans och Ringhals Brandingenjör (RBI) etableras. RBI har till huvuduppgift att stötta Vakthavande Ingenjör (VHI) med beslut avseende användning av och kunskap om räddningsresurser. Vid händelser där den kommunala räddningstjänsten är räddningsledare utses en skadeplatschef vid skadeplatsen. Ledningen på skadeplatsen utgörs av tjänstgörande brandmästare, stationstekniker, ledningsambulans och det interna räddningsbefälet. VHI arbetar i kontrollrummet tills blockledning och kommandocentralen (KC) bemannats. Vid andra händelser, där Länsstyrelsen utser räddningsledare, deltar RBI med samma arbetsuppgifter som vid kommunal räddningstjänst.

#### 3.4.2 Barsebäck

Organisationen inom BKAB, vid brand, finns redovisade i ett dokument "BS.3 Brandförsvarsorganisation vid BKAB" och denna har inte bifogats.

#### 3.4.3 Oskarshamn

Organisationen beskrivs i kommunens räddningstjänstplan. Organisationen inom OKG, vid brand eller händelser (vilka är direkt kopplade mot räddningstjänstens ansvar och uppgift), finns redovisade i dokumentet "Brand och räddningsinstruktion I-0610". Detta dokument bifogas ej. Utöver de krav på tillgänglig insatsstyrka finns krav på ett befäl med minst brandmästarkompetens och en brandingenjörskompetens. Befälen skall vara anträffbar via kommunikationsmedel inom 1,5 minuter och kunna infinna sig på skadeplatsen eller närmaste brandstation inom 30 minuter. Brandingenjören är direkt underställd räddningschefen och kan ersätta honom som

räddningsledare. OKG är skyldiga att tillhandahålla stations- eller skyddstekniker vid insatser där radiologisk arbetsmiljö förekommer.

### **3.5 Räddningsstyrkornas uppgifter**

#### **3.5.1 Ringhals**

Den interna brandstyrkan inom Ringhals har fem huvuduppgifter:

- Brandsläckning
- Oljeskadeskydd
- Mobila pumpaggregat
- Räddningsinsatser vid personolycksfall
- Yttre insatser enligt avtal

Utöver detta kan den interna räddningsstyrkan användas vid t.ex. insatser mot kemikalieutsläpp om den ordinarie räddningsstyrkan inte är disponibel eller underbemannad vid tillfället. Dessutom kan insatser utanför avtalat område bli aktuellt om VHI och kommunal räddningsledare bedömer detta lämpligt. Inom avtalat område agerar interna styrkan självständigt till kommunal räddningsledare tar över insatsen.

#### **3.5.2 Barsebäck**

Den interna brandstyrkan inom Barsebäck har fyra huvuduppgifter:

- Brandsläckning i brandens initialskede
- Agera vägvisare åt kommunens räddningsstyrka
- Bistå det kommunala brandförsvaret med hjälp, ex. eftersläckning
- Bistå med god lokalkännedom

Större eller långvariga bränder bekämpas av kommunala brandförsvaret

De kommunala räddningsstyrkorna har följande huvuduppgifter:

- Livräddning med rökdykare mot bostadsbebyggelse
- Tillsammans kunna göra invändiga rökdykarinsatser mot bostäder och industri
- Tillsammans kunna utföra livräddande kemdykarinsatser i väntan på förstärkning från angränsande kommuner.
- Tillsammans kunna skydda hamnarna från oljepåslag samt bekämpa oljeskador i mindre omfattning
- Var för sig kunna ta loss fastklämda personer
- Var för sig kunna utföra första hjälpen

Tillgång till brandingenjör, hävare och maskinstegar försäkras genom avtal med grannkommunerna.

#### **3.5.3 Oskarshamn**

Den interna brandstyrkan inom Oskarshamn har sju huvuduppgifter:

- Brandsläckning och livräddning med rökdykare
- Skadebegränsning och livräddning med kemdykare

- Losstagnning av fastklämda vid ras eller klämolyckor
- Skogs- eller markbränder
- Oljeskadebekämpning på land och i kustområdet
- Kunna nå olycksplats inom OKG med hjälp av tillhandahållna orienteringsplaner och muntliga anvisningar
- Ur självskyddssynpunkt kunna göra strålskyddsmätningar

Vid insatser utanför OKG:s område används OKG:s utrustning. Vid utryckning utom Simpevarpshalvön skall dock ersättningspersonal och fordon finnas på plats inom 30 minuter.

### **3.6 Utbildning**

#### **3.6.1 Ringhals**

Kraven på fysisk förmåga framgår av AFS 1995:1 [ref.24].

Brandmännen skall vara utbildade enligt SRV:s utbildningsprogram för "brandman deltid". Till detta skall personen genomgå Ringhalsanpassad brandutbildning om 5 dagar samt strål- och arbetsmiljöutbildning och ha erforderlig kännedom om Ringhals anläggningar och organisation. Önskvärt är att alla i styrkan kan tjänstgöra som chaufför och kravet är att minst en brandman i varje styrka har körkort för tunga fordon. Minst en brandman i varje skift skall ha särskild utbildning som rökdykarledare.

Befälen skall vara utbildade enligt ovan och därtill genomgått SRV:s utbildningsprogram för "brandförman deltid", vilket bl.a. förutsätter brandmannautbildning. Önskvärt är att även befälet har s.k. C-körkort för tunga fordon.

Varje skift genomför 14 halvdagarsövningar per år varav minst 2 varma och 2 kalla rökövningar.

#### **3.6.2 Barsebäck**

För den kommunala räddningsstyrkan är grunden i vad som anges i AFS 1995:1. Utöver detta övas/utbildas styrkan enligt den kommunala räddningstjänstplanen.

#### **3.6.3 Oskarshamn**

Vid Oskarshamn baseras utbildningskraven på AFS 1995:1. Förutom denna föreskrift är ett speciellt lokalt rökdykarreglemente framtaget. Den anger vilka fasta rutiner som skall gälla vid rökdykarinsats.

### **3.7 Utrustning**

#### **3.7.1 Ringhals**

Krav på utrustning finns både för den personliga utrustningen och släckutrustning. I släckutrustningen ingår bl.a. ett räddningsfordon med plats för minst 4 brandmän, lättskumsaggregat, pulveraggregat, motorspruta, en befälsbil samt ett räddningsfordon i reserv.

#### **3.7.2 Barsebäck**

Den materiel som räddningstjänsten förfogar över anges i räddningstjänstplanen

#### **3.7.3 Oskarshamn**

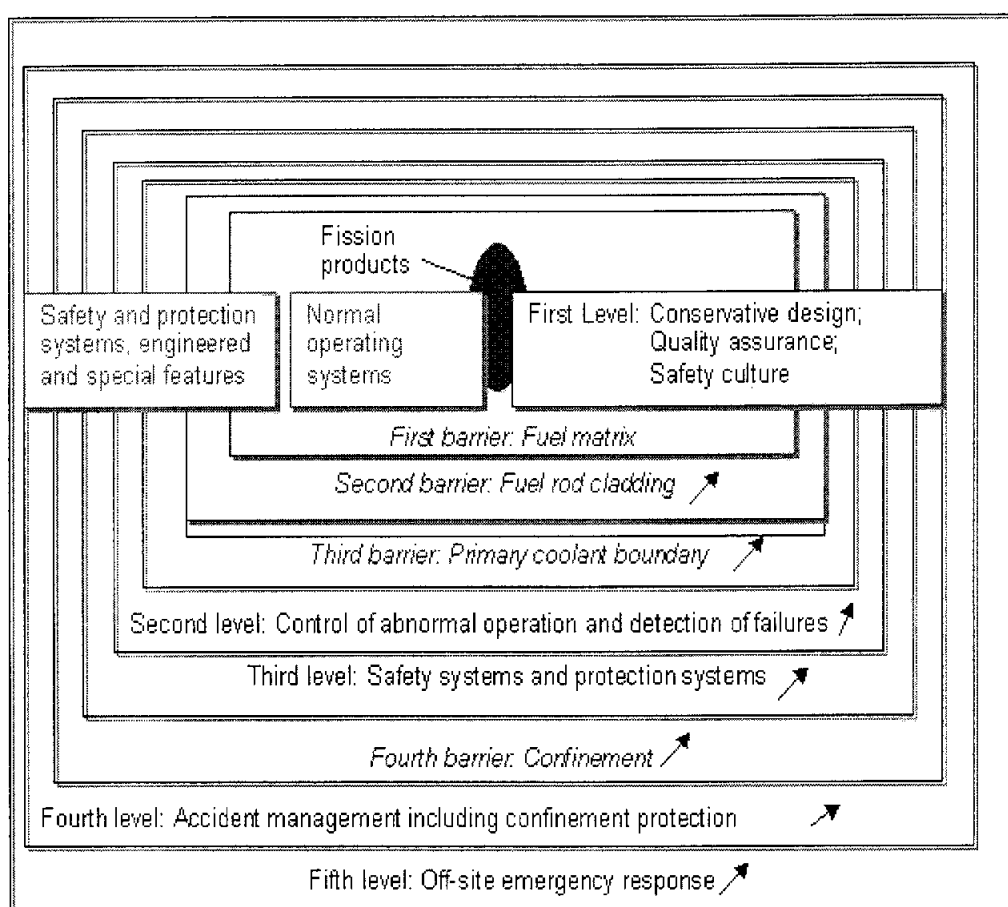
Krav på utrustning finns både för den personliga utrustningen och släckutrustning. I släckutrustningen ingår bl.a. ett räddningsfordon med plats för minst 4 brandmän (basbil), 4-hjulsdrivet räddningsfordon, lätt- och mellanskumsaggregat, tryckrör för cisternbrand, motorsprutor, öppen styrepulpetbåt, dränkbara pumpar samt rökgasfläktar.

## 4 Metodesbeskrivning

Metoden att analysera de manuella insatserna bygger på antagandet att en olyckshändelse, som resulterar i ett behov av en manuell insats, i sin händelseutveckling definierar vilket styrkebehov som krävs. En liten brand i ett begränsat område leder till ett styrkebehov, ett annat styrkebehov uppstår om branden är fullt utvecklad i en kabelvåning långt inne i anläggningen.

### 4.1 Händelseförlopp

Händelseförloppen vid anläggningen baseras på den internationellt accepterade djupförsvarsprincipen.



Figur 3 Grafisk framställning av "djupförsvarsprincipen". Från IAEAs hemsida.

Djupförsvarsprincipen bygger på att kärntekniska anläggningar skall ha ett tillfredsställande skydd i flera barriärer som förebygger allvarliga tillbud och haverier med ursprung i teknik, organisation eller kompetens samt även förhindrar eller begränsar spridning av radioaktiva ämnen till omgivningen om ett haveri skulle inträffa. Samtliga barriärer måste fela innan ett radioaktivt utsläpp till omgivningen kan ske. Barriärerna består av bränslets kapsling, reaktortanken, inneslutningen och av system för att filtrera ventilationen av inneslutningen vid en härdskada.

Som en andra viktig del i djupförsvaret finns säkerhetssystem som skall stänga av reaktorn och hålla bränslet kylt efter en störning. Dessa system är aktiva i den bemärkelsen att de exempelvis skall pumpa ut och kyla den restvärme som finns inom reaktorn. Systemen har konstruerats för att kunna stå emot både förväntade och mer sällsynta störningar. Exempel på förväntade störningar är bortfall av det yttre elnätet. Dessa aktiva system är därför dubblade eller fyrdubblade så att redundans erhålls i händelse av att t.ex. en pump inte startar vid behov.

Probabilistiska säkerhetsanalyser, vanligen kallade PSA, är ett verktyg som används för att utvärdera säkerheten. PSA syftar till att upptäcka de troligaste felkombinationerna som medför att kärnen överhettas pga att flera oberoende barriärer slås ut i samband med postulerade driftstörningar och haverier. I senare PSA-analyser har det visat sig att brand inte kan försummas ur risksynpunkt, trots att anläggningarna är konstruerade enligt accepterade normer.

Metoden för utvärdering av manuell brandbekämpning exemplifieras med tre olika skyddsmål.

1. Första exemplet utgörs av brandspridning mellan redundanta stråk, avståndsseparerade med minst en meter (tre fot).
2. Andra exemplet beaktar brandspridning mellan redundanta stråk, separerade med fysisk avskärmning i form av väggparti med brandcellsavskiljande förmåga.
3. Tredje exemplet tar upp brandförlopp som kan pågå så länge att byggnadskonstruktioner i förlängningen riskerar att kollapsa.

Nedan kommer olika spridningsmöjligheter att diskuteras. Observera att dessa spridningsmöjligheter endast är exempel.

#### **4.1.1 Spridning mellan utrustning separerad med ett avstånd av 3-fot**

Brandspridning mellan 3-fots separerad utrustning kan generellt sett ske när värmestrålningen eller temperaturen överstiger de gränsvärden för antändning som utrustningen har. Spridning mellan 3-fotsseparerad utrustning bedöms alltid ske om det finns mellanliggande brännbart material.

Felfunktion hos de komponenter som är separerade med ett avstånd av 3 fot erhålls i regel redan innan brandspridning skett. När felfunktion uppstår beror givetvis på vilka komponenter som finns i rummet och hur känsliga dessa är mot överhettning etcetera.

Vid många incidenter medför inte brandförloppet upphov till erforderlig värmepåverkan eller att branden självslocknar. I andra fall krävs att en lyckad insats genomförs. I de fall där automatiska släcksystem saknas eller har begränsad aktionstid krävs således en manuell insats innan komponenterna påverkas eller brandspridning sker.

I vissa fall är brandstyrkan som har till uppgift att ta hand om begynnande bränder inte utrustade med andningsskydd eller annan skyddsutrustning vilket innebär att insatsen måste göras innan kritiska förhållanden för oskyddade personer uppstår. Brandstyrka med andningsskydd och övrig korrekt utrustning klarar givetvis mera. Hur lång tid det tar innan branden övergår från att vara begynnande till fullt utvecklad beror givetvis på vilket material som brinner, hur rummet ser ut samt hur tillgången till syre är i rummet m.m.. Hur snabbt insatsen måste ske beror dessutom på känsligheten hos eventuella objekt i brandrummet.

#### **4.1.2 Spridning mellan rum**

Utrymmen som inte separerats brandtekniskt, men som utgör "egna rum" för separation av säkerhetssystem, är i regel utförda med gemensam ventilation eller andra brandtekniska brister som gör att de inte strikt kan betraktas som brandcell. Spridning mellan rum kan därmed ske om de brandgaser som sprids är av sådan karaktär att branden sprids felfungerar eller inte täcker det brandutsatta området eller att brandbelastning och andra förutsättningar är sådana att brand kan fortgå i mer än 60 minuter.

#### **4.1.3 Spridning mellan rum/byggnader separerade i brandteknisk klass EI 60**

Utrymmen som separerats brandtekniskt är i regel utförda enligt den byggpraxis som rådde vid uppförandet i slutet på 60-, början på 70 talet. Generellt uppfördes brandcellsgränser med en brandmotståndstid av 60 minuter, utrymmen med högre brandbelastning försågs i regel med automatisk vattensprinkleranläggning, utförda som hel- eller delskydd. Spridning mellan rum/byggnader kan därmed ske om sprinkleranläggningen felfungerar eller inte täcker det brandutsatta området eller att brandbelastning och andra förutsättningar är sådana att brand kan fortgå i mer än 60 minuter.

#### **4.2 Skyddsmål**

Skyddsmålet är beroende av anläggningens säkerhetsmässiga uppbyggnad. Om reaktorsäkerheten ej påverkas av att ett helt rum bränns ut så kan skyddsmålet vara att förhindra brandspridning mellan rum medan det annars bör vara att förhindra exempelvis brandspridning inom ett och samma rum.

Exemplen kan uttryckas i skyddsmål för den manuella styrkan enligt följande:

1. Räddningsstyrkan skall förhindra brandspridning mellan redundanta stråk innan kritiska förhållanden uppstår i brandutsatt utrymme.
2. Räddningsstyrkan skall förhindra brandspridning mellan två utrymmen innehållande redundanta stråk genom att släcka branden innan genombrott sker.
3. Räddningsstyrkan skall förhindra brandspridning mellan två utrymmen innehållande redundanta stråk genom att släcka branden innan kollaps av byggnadskonstruktion sker.

De brandscenarior som beskrivits ovan kan avbrytas eller fortgå beroende på vilka spridningsmöjligheter som finns inom rummet och mellan



rum/byggnader. Vilket/vilka händelseförlopp som bör utvärderas beror på anläggningens/brandcellens skyddsmål. Exempelvis så behöver 3-fotsseparation ej utvärderas i de fall då skyddsmålet är att förhindra brandspridning mellan olika rum.

### 4.3 Brandförlopp

Olika typer av utrymmen kan utsättas för olika typer av brandförlopp, dessa kombineras på ett strukturerat sätt för att ge ett antal realistiska/dimensionerande brandförlopp.

- Brand i skåp. 200 kW per skåp, tid till spridning ca 10 minuter.
- Brand i horisontella kabelstegar. Långsam effektutvecklingshastighet upp till maxeffekt
- Brand i vertikala kabelstegar. Snabb effektutvecklingshastighet upp till maxeffekt.
- Oljebrand. Mycket snabb eller ultrasnabb effektutvecklingshastighet upp till maxeffekt.

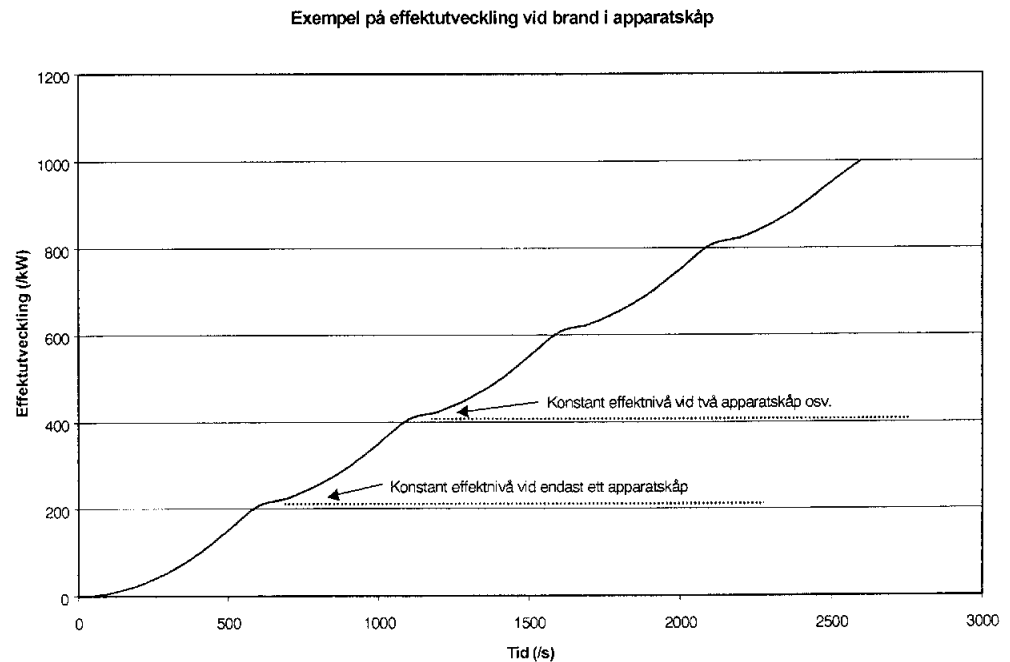
#### 4.3.1 Skåpsbrand

Med skåpsbränder avses brand i golvfasta elskåp. Skåpen innehåller bland annat instrument, reläer, datautrustning samt signal- och kraftkablar till dessa komponenter. Kablarnas isolering är den huvudsakliga brandbelastningen. Skåpen innehåller varierande mängd kablar, vars ytterhöljen är avskalade så att enskilda parter blottas.

Elskåp återfinns i stora mängder i vissa utrymmen som ofta benämns "relärum". Skåpen står då i enkla eller dubbla rader med ett avstånd av minst 1 meter till nästa rad. Längden på varje rad varierar med utrymmets storlek, men 10-20 meter är normalt.

Brandprover har genomförts och vid "normal" uppställning har man funnit att enskilda skåp brinner med en maximal effektutveckling av ca. 200 kW [ref. 26]. Brandtillväxten är måttlig och beror främst på hur mycket kablage skåpet innehåller, hur "fördelade" kablarna är samt hur skåpen ventileras. Den maximala effektutvecklingen uppnås efter mellan 10 och 20 minuter för att därefter avta efter ca. 60 minuter, vilket resulterar i ett  $\alpha$ -värde av 0,0007 till 0,0002 med ett medelvärde av 0,0006 ( $\text{kW/s}^2$ ) vilket är mycket långsammare än vad som definieras som "slow" i NFPAs normer [ref. 27]. I de fall skåpen står dikt an till varandra finns risk att branden sprider sig till nästa skåp, efter ca. 11 till 16 minuter, med ett medelvärde av 13 minuter. Brandspridning uppstår sannolikt inte över korridorerna i det inledande brandförloppet (ej fullt utvecklade brand).

Dessa förutsättningar medför en brandutvecklingskurva enligt figuren nedan.



Figur 4 *Effektutvecklingskurva vid brand i elskåp. Vid endast ett apparatskåp blir effektutvecklingen konstant vid 200 kW osv.*

#### 4.3.2 Horisontell kabelbrand

Med horisontell kabelbrand avses brand i horisontellt förlagda kablar, främst kablages isolering. Kablar är vanligtvis förlagda på för ändamålet avsedda kabelstegar, men även enskilda eller buntade kabelknippen förekommer. Om det ligger signalkablar på kabelstegarna är de ofta inbyggda med tunn plåt, för EMC (ElectroMagneticCompatibility-skydd. Kraftkablar ligger vanligtvis i öppna stegar.

Hur pass snabbt en brand i kablage kan spridas bygger till stor del på om kablarna är placerade på horisontella eller vertikala kabelstegar. För horisontella kablar är brandeffekten hämtad från Babrauskas [ref. 28] som säger att kablarna avger en effekt av  $186 \text{ kW/m}^2$ . Normala bredden på en kabelstege är 0,60 meter, vilket leder till en brandeffekt av  $111,6 \text{ kW/m}$ . En brands tillväxt i kablar på horisontella och vertikala kabelstegar överensstämmer väl med modellen

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

där

q är effekt i (kW)

t är tid i (s) och

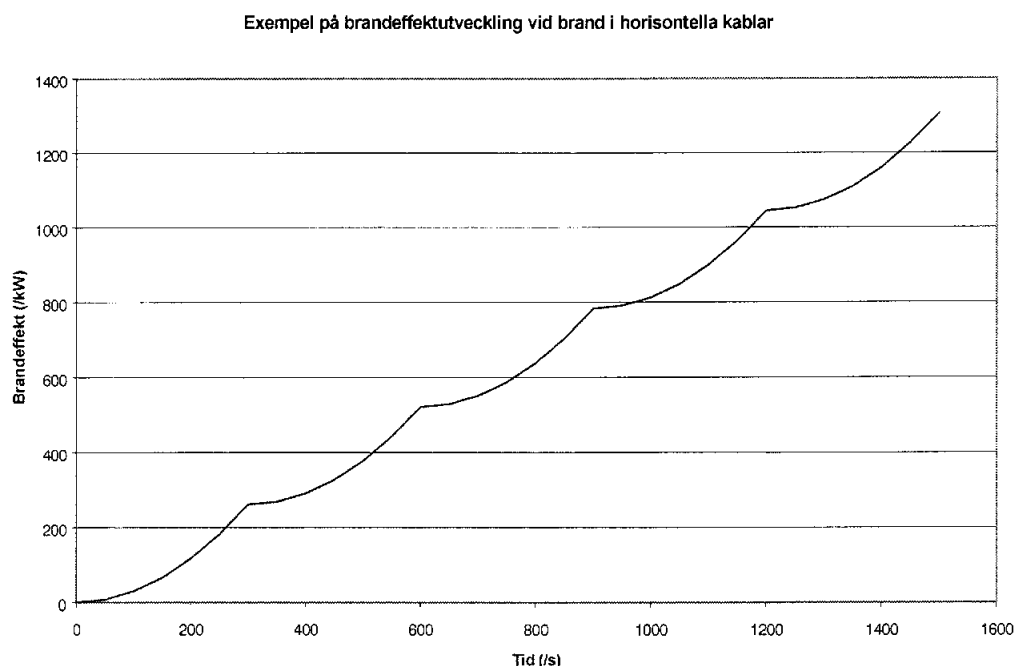
$\alpha$  är en tillväxtkonstant i ( $\text{kW/s}^2$ )

De flesta utrymmen har ofta någon typ av brandbelastning i form av kablage, största koncentrationen återfinns dock i utrymmen benämnda "kabelrum". Kabelrum har främst horisontellt förlagda kablar och om mer än hälften av

kablarna i ett utrymme är horisontella ansätts tillväxtfaktorn,  $\alpha$ , till 0,0029 kW/s<sup>2</sup> [ref. 29] som definieras som "slow" i NFPA:s normer.

Spridning i sidled mellan kabelstegar förekommer i det inledande brandförloppet om det inbördes avståndet är mindre än 1 meter. Spridningsrisk i höjddled förekommer så länge inget finns som avskärmar kabelstegarna ifrån varandra eller avståndet är mindre än 6,5 meter. En horisontell brandspridning på varje kabelstege om 2 meter är trolig [ref. 30]. Horisontella kabelstegar omfattas således av brand i två meter per stege och i de fall det finns flera stegar ovanför varandra adderas den maximala brandeffekten.

Dessa förutsättningar medför en brandutvecklingskurva enligt figuren nedan.



Figur 5 Effektutvecklingskurva vid brand i horisontell kabelstege. Vid endast en kabelstege blir effektutvecklingen konstant vid 220 kW osv.

### 4.3.3 Vertikal kabelbrand

Med vertikal kabelbrand avses brand i vertikalt förlagda kablar, främst kablarets isolering. Kablar är vanligtvis förlagda på för ändamålet avsedda kabelstegar, men även enskilda eller buntade kabelknippen förekommer. Om det ligger signalkablar på kabelstegarna är de ofta inbyggda med tunn plåt, för EMC-skydd. Kraftkablar ligger vanligtvis i öppna stegar.

För vertikala kablar är brandeffekten hämtad från Babrauskas [ref. 28] som säger att kablarna avger en effekt av 186 kW/m<sup>2</sup>. Normala bredden på en kabelstege är 0,60 meter, vilket leder till en brandeffekt av 111,6 kW/m. En brands tillväxt i kablar på horisontella och vertikala kabelstegar överensstämmer väl med modellen:

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

där

q är effekt i (kW)

t är tid i (s) och

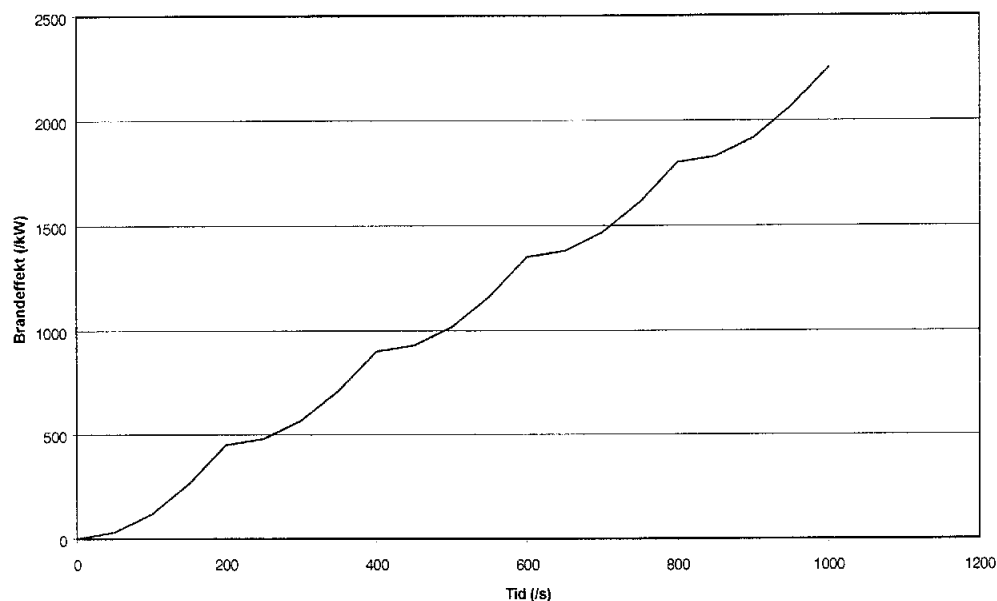
$\alpha$  är en tillväxtkonstant i (kW/s<sup>2</sup>)

Största koncentrationen av vertikalt förlagde kablar återfinns i utrymmen benämnda "kabelschakt" och om mer än hälften av kablarna är vertikala blir tillväxtfaktorn 0,0117 kW/s<sup>2</sup> [ref. 29] som definieras som "medium" i NFPAs normer.

Spridning i sidled mellan kabelstegar förekommer i det inledande brandförloppet om det inbördes avståndet är mindre än 1 meter. Spridningsrisk i höjdlid förekommer i hela sin förläggning, dvs. hela kabelstegen från golv till tak omfattas av brand. Takhöjden ansätts till 4 meter. Vertikala kabelstegar omfattas således av brand från golv till tak och i de fall det finns flera stegar bredvid varandra adderas den maximala brandeffekten.

Dessa förutsättningar medför en brandutvecklingskurva enligt figuren nedan.

Exempel på brandeffektutveckling vid brand i vertikala kablar



Figur 6 Effektutvecklingskurva vid brand i vertikal kabelstege. Vid endast en kabelstege blir effektutvecklingen konstant vid 450 kW osv.

#### 4.3.4

#### Oljepölbrand

Med oljepölbrand avses brand i ett spill av brännbar vätska, främst oljor och bränslen. Oljor finns normalt för smörjning av stora maskiner ex. turbinlagerolja. Man försöker generellt att minimera mängden oljor i kritiska utrymmen men är i vissa fall oundvikligt. Därtill finns stora mängder i turbinbyggnaden.

För oljepölbränder är brandeffekten hämtad från SFPE [ref. 31] där det framgår att förbränningsenergin för de flesta petroleumprodukter varierar mellan ca. 40-45 MJ/kg med en förbränningshastighet omkring 0,04 kg/m<sup>2</sup> s. Detta leder till en brandeffekt av omkring 2200 kW/m<sup>2</sup>. Enligt sambandet:

$$Q = \dot{m} \cdot \Delta h_c \cdot A$$

där

Q är effekt i (kW)

$\dot{m}$  är förbränningshastigheten i (kg/m<sup>2</sup>·s)

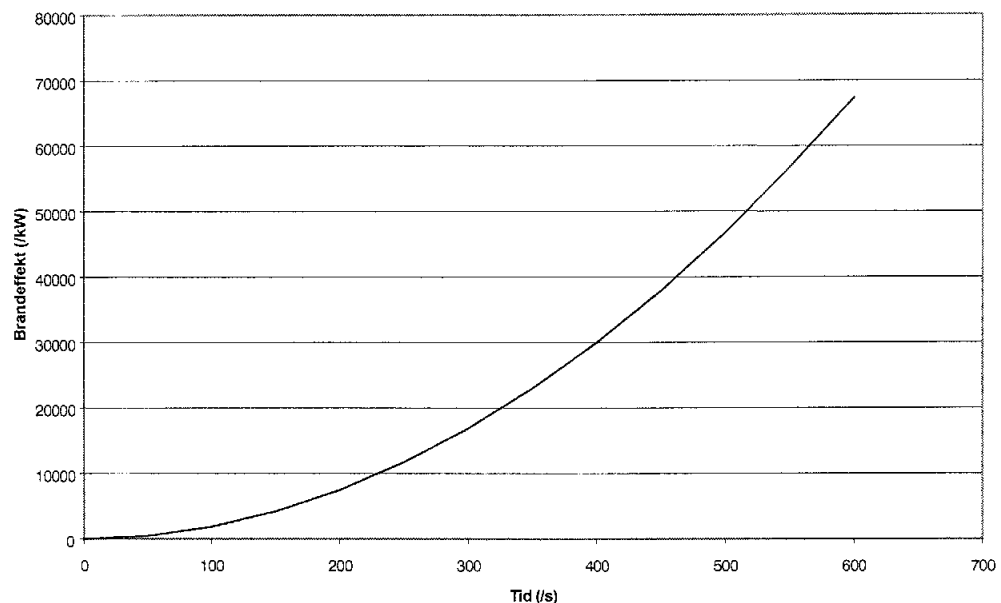
A är pölarean i (m<sup>2</sup>) och

$\Delta h_c$  är förbränningsenergin i (MJ/kg)

Brandeffekten ökar i det närmaste momentant vid antändning till den brandeffekt som pölens area medför. Brandtillväxthastigheten är därför svår att anpassa till en brandutvecklingskurva på samma sätt som för t.ex. kabelbrand. Ett läckage formar dock en pölarea proportionellt mot utsläppets källflöde samt att tjocka oljor eller oljor med hög flamtemperatur behöver en stunds "förvärmning" för att antändas riktigt. Resonemanget medför att ultrafast" i NFPA:s normer bedöms användbar, vilket medför tillväxtfaktorn 0,187 kW/s<sup>2</sup>.

Dessa förutsättningar medför en brandutvecklingskurva enligt figuren nedan.

Exempel på brandeffektutveckling vid brand i oljepöl



Figur 7 Effektutvecklingskurva vid brand i oljepöl.

#### 4.4 **Släckförmåga**

I brandens tidiga skede utvecklas brandeffekten snabbt och följer ofta en exponentiell tillväxtkurva. En tidig insats innebär att de resurser som krävs för att bekämpa branden är relativt små. Om brandstyrkan däremot väntar på förstärkning för att göra en gemensam insats resulterar detta i att resursbehovet blir relativt större.

##### 4.4.1 **Utrustning**

Den brandstyrka som har till uppgift att ta hand om begynnande bränder förutsätts ej behöva använda andningsskydd eller annan skyddsutrustning. Alla övriga insatser förutsätter dock komplett utrustning och andningsskydd.

Den släckmedelsresurs som brandstyrkan har till sitt förfogande kan även den begränsa möjligheterna till släckning inom en viss tid. I kapitel 3.4.6 redovisas hur den släckande effekten kan beräknas utifrån tillgänglig släckmedelsmängd. Detta görs helt enkelt genom att jämföra det aktuella brand- och händelseförloppet med de tillgängliga resurserna.

##### 4.4.2 **Brandventilation**

Brandventilation kan förlänga tiden till dess att höga temperaturer uppnås i rummet. Om en brandstyrka initierar start av brandventilation så innebär det således att tillgänglig tid för släckinsats ökar.

##### 4.4.3 **Säkerhet vid insats**

För att kunna genomföra en rökdykarinsats krävs enligt AFS [ref. 24] minst 5 personer i brandstyrkan. Två rökdykare, en rökdykarledare, en person som skall säkra vattentillgången samt en räddningsledare. Om angreppsvägen är lång eller om miljön är riskfylld krävs normalt mer än en rökdykargrupp för att uppfylla säkerhetskraven.

##### 4.4.4 **Taktik**

Tre kritiska intervall blir därmed tydliga:

1. insats innan kritiska komponenter inom samma rum påverkats
2. insats innan kritiska komponenter inom olika rum/brandceller påverkats
3. insats innan byggnadskomponenter kollapsar och därmed påverkar komponenter i omgivande utrymmen

Detta medför att beslut om taktisk inriktning måste ske i åtminstone tre situationer. Kan en offensiv eller släckande insats påbörjas med de befintliga resurserna eller är det bättre att koncentrera resurserna på defensiva insatser t.ex. brandventilation till förstärkning anländer?

##### 4.4.5 **Beräkningsmodell av släckande förmåga**

De insatsstyrkor och släckmedelsmängder som kan finnas tillgängliga vid olika tidpunkter under brandförloppet kan utvärderas genom att använda sig av en modell presenterad av Särdaqvist [ref. 16]. Denna modell kommer kort att

beskrivas nedan, för ytterligare information hänvisas till den aktuella referensen.

De indata i form av tillgängliga resurser som rekommenderas att användas i modellen är förväntade värden. Det vill säga att ingen hänsyn tas till att en viss brandstyrka kan ha svarat på ett annat larm och därför tar längre tid på sig för att ta sig till platsen, inte heller tas hänsyn till att exempelvis pumpar kan felfunkera.

Beräkningen av släckande förmåga utgår ifrån vilka resurser i form av personal och släckmedel som finns vid olika tidpunkter. Dessa resurser räknas sedan om till en släckeffekt. Resultatet av detta kan sedan presenteras i form av ett diagram där släckeffekt presenteras som en funktion av tid. Nedan kommer att beskrivas hur släckeffekt från olika typer av släckmedel kan beräknas. De släckmedel som kommer att tas upp är: vatten, tung- och mellanscum, lättscum samt pulver.

#### Vatten

Släckeffekten från vatten skapas genom att det går åt energi att värma upp vattnet och sedan att förångas det. Den värme som vattnet förbrukar kan enkelt beräknas enligt följande:

- För att värma vatten från 10°C till 100°C krävs ett energitillskott som är lika med  $90^{\circ}\text{C} \cdot 0,00418 \text{ MJ/kg}^{\circ}\text{C} = 0,38 \text{ MJ/kg}$
  - För att förångas vattnet vid 100°C krävs 2,26 MJ/kg
  - För att ytterligare hetta upp ångan krävs ett energitillskott som motsvarar  $(T-100) \cdot 0,00201 \text{ [MJ/kg]}$ , där T [°C] är den aktuella ångtemperaturen
- Detta betyder att för att omvandla 1 kg vatten med temperaturen 10°C till ånga med temperaturen 600°C krävs ett energitillskott som är lika med 3,6 MJ/kg. Om allt släckvatten som används förångas så kyler detta alltså med en effekt av 3,6 MJ/kg. Det vatten som inte förångas kyler däremot bara med en effekt av 0,38 MJ/kg.

Ovanstående beräknade värden är dock endast teoretiska eftersom det kräver en optimal vattenpåföring. En effektivitetsfaktor måste därför införas. Denna faktor är givetvis högre för mer rutinerad släckningspersonal men den kan också variera med exempelvis strålrörets modell eftersom tiden att förångas en vattendroppe är beroende av droppstorleken.

Enligt Särdaqvist [ref. 16] kan följande antaganden göras vad gäller effektivitetsfaktorn:

- Strålrör som levererar droppar mindre än 1 mm ger en släckeffekt på 3,6 MJ/kg, vid släckning av flamma kan denna siffra multipliceras med 3 vilket ger 10,8 MJ/kg
- En effektivitetsfaktor på 0,2 används för dimmunstycken använda inomhus
- För strålrör som levererar droppar större än 2 mm blir T lika med 100°C och maximal kylningseffekt blir 2,6 MJ/kg
- En effektivitetsfaktor på 0,2 används för välplacerad vattenkanoner

- En effektivitetsfaktor på 0,3 används för välplacerade strålrör med lång räckvidd
- En effektivitetsfaktor på 0,4 används för välplacerade strålrör med kort räckvidd

I tabellen som följer redovisas effektivitetsfaktor och släckeeffekt för olika flödes hastigheter vanliga inom den svenska räddningstjänsten. Siffrorna i tabellen bygger på de antaganden som redovisats ovan.

Tabell 4 Exempel på värmeupptagningskapacitet med olika utrustning.

Utrustning	Maximal värmeupptagning [MJ/kg]	Flödes-hastighet [kg/s]	Effektivitets-faktor [-]	Värmeupptagnings-kapacitet [MW]
Standardstrålrör (7 mm)	2,6	1,3	0,4	1,4
Standardstrålrör (14 mm)	2,6	4,8	0,4	5,0
Standardstrålrör (22 mm)	2,6	9,2	0,3	7,2
Högkapacitets strålrör	2,6	16,7	0,3	13
Vattenkanon	2,6	40	0,2	21
Fog nail	3,6 · 3	1,2	0,2	2,6
Dimstrålrör	3,6 · 3	5,0	0,2	11
Dimstrålrör	3,6 · 3	7,9	0,2	17

Ovanstående presenterade släckeeffekter förutsätter givetvis att utrustningen används korrekt, exempelvis förutsätts att kastlängden inte är kortare än avståndet.

#### Tung- och mellanskum

Tung- och mellanskum används framförallt för att släcka poolbränder. Hur mycket skum som behövs redovisas ej av Särddqvist. Andra dimensioneringskriterier finns men avser främst fasta släcksystem.

#### Lättskum

Lättskum används som släckmedel genom att fylla ett helt rum eller utrymme då en insats på annat sätt ej är möjlig på grund av tekniska eller säkerhetsmässiga skäl. Expansionsfaktorn för lättskum är hög, definitionen av lättskum är ett skum med en expansionsfaktor på minst 200 och ligger normalt mellan 500 och 1000. Enligt Räddningsverket gäller följande dimensioneringskrav:

- Varje objekt skall täckas med inte mindre än 0,6 m skum
- Fyllnadstiden skall vara runt 5 (3 till 8) minuter
- Resurser måste finnas för att generera dubbla fyllnadsmängden
- Skumtäckningen skall bibehållas i minst 30 minuter



En annan metod för att dimensionera skumfyllnaden är att säga att skumtjockleken skall öka med inte mindre än 0,1 m/min. Denna hastighet kan dock behöva ökas ytterligare beroende på bränsletyp, geometri, etc.

Normal skumnedbrytningshastighet är cirka 0,1 m/min [ref. 16] utan yttre strålningspåverkan. En yttre strålningspåverkan på 10 kW/m<sup>2</sup> ökar nedbrytningshastigheten till cirka 0,2 m/min. Vid en strålningsnivå på 20 kW/m<sup>2</sup> kan nedbrytningshastigheten bli så hög som 0,4 m/min.

Skumflödet [m<sup>3</sup>/min] kan beräknas med följande formel.

$$R = \frac{V}{T} \cdot C_N \cdot C_L$$

där

R [m<sup>3</sup>/min] är det krävda skumflödet

V [m<sup>3</sup>] är fyllnadsvolymen (normalt rumsvolymen)

T [min] är fyllnadstiden (normalt 5 minuter)

C<sub>N</sub> [-] är en kompensationsfaktor för skumnedbrytning. Antas en skumfyllnadshastighet på 1 m/min blir C<sub>N</sub> = 1,1 för rum som ej är brandpåverkade. För rum fyllda med rök blir C<sub>N</sub> = 1,2 och vid övertändning blir C<sub>N</sub> = 1,4

C<sub>L</sub> [-] är en kompensationsfaktor för läckage. Om inget läckage finns är C<sub>L</sub> = 1,0.

Ett normalt lättskumsaggregat med en skumexpansionsfaktor på 800 har en produktionshastighet på 160 m<sup>3</sup>/min, vid användande av 200 l vatten och 6 l skumvätska (3%) per minut. Med antagande om skumfyllnadshastighet på 1 m/min och en nedbrytningsfaktor C<sub>N</sub> på 1,2 blir den maximala arean som kan täckas av ett aggregat lika med 130 m<sup>2</sup>.

Skumfyllnad måste kombineras med lämplig ventilation för att minska det övertryck som bildas då rummet skumfylls.

### Pulver

Pulver används vanligen av brandkåren antingen i små släckare (6 till 12 kg) eller i stora pulverenheter (100 till 300 kg).

Släckeffekten av pulver varierar beroende på vilken typ av pulver som används. Släckeffekten kan beräknas med följande formel:

$$Q_{släck} = \frac{\Delta H_c}{REMP} = \frac{m_{bränsle} \cdot \Delta H_c}{m_{släckmedel}}$$

Med antagande om ett pulver av typen MAP med ett REMP-värde på 0,6 och med antagande om att värmevärdet är 25 MJ/kg blir den teoretiska värmeupptagningsförmågan 42 MJ/kg. Vad gäller effektivitetsfaktor görs följande antaganden av Särdaqvist [ref. 16]:

- Effektivitetsfaktorn antas vara lika med 0,1 vid användande av välplacerat, kortdistansmunstycke utomhus
- Effektivitetsfaktorn antas vara 0,2 vid användande av välplacerat, kortdistansmunstycke inomhus.

I tabell 5 presenteras beräknade släckeffekter med pulver. Observera att dessa värden är beräknade med ovan redovisade antaganden.

Tabell 5 Exempel på värmeupptagningskapacitet med olika utrustning.

Utrustning	Maximal värmeupptagning [MJ/kg]	Flödes-hastighet [kg/s]	Effektivitetsfaktor [-]	Värmeupptagningsförmåga [MW]
Pulver, 100 kg	42	2,9	0,1	12
Pulver, 300 kg	42	7,5*	0,1	32
Pulver, 100 kg	42	2,9	0,2	24
Pulver, 300 kg	42	7,5*	0,2	63
Pulver, 12 kg	42	0,7	0,2	6
Pulver, 6 kg	42	0,5	0,2	4

\*Två munstycken används

Det skall noteras att pulver ofta är ineffektiva vid släckning av glödbränder och att risken för återantändning då är stor vid användning av pulver (gäller framförallt pulver i klass BC). Genom att i kombination med pulver använda skum eller vatten kan detta problem lösas.

## 4.5 Påverkansmodell

Kapitlet är en beskrivning av vilken påverkan material och människor kan utsättas för innan fel uppstår eller insatser omöjliggörs.

### 4.5.1 Påverkan på materiel/material

En stor del av utrustningen i svenska kärnkraftverk är från början på 1970-talet, eftersom konstruktionsarbetet gjordes i slutet på 1960-talet och i början på 1970-talet.

Utrustningen i anläggningen kan grovt delas in i grupperna processsystem och elektriska system. I processsystemen finns pumpar, ventiler, värmeväxlare, fläktar, kompressorer m.m. De elektriska systemen kan delas in i dels instrument och kontroll och dels kraftmatning.

Utrustningen är konstruerad och dimensionerad efter vissa förutsättningar och krav. I en del fall är den dimensionerad för att klara de påfrestningar som kan uppkomma vid missöden och haverier. I många fall håller utrustningen normal industristandard. För viss utrustning har genomarbetade experiment genomförts för att undersöka hur egenskaperna förändras under inverkan av olika mer eller mindre extrema förhållanden.

All utrustning har begränsande egenskaper. Det innebär att under vissa förhållanden så är det en speciell egenskap som gör att funktionen degraderas eller uteblir. För en pump kan en förhöjd omgivningstemperatur medföra att den elektriska drivmotorns lindningsisolation förstörs med jordfel eller

kortslutning som följd. För en annan typ av pump kan det vara lageroljans smörjande egenskaper som går förlorade.

När man studerar kritiska temperaturnivåer är det viktigt att skilja på objektets temperatur och den omgivande gasens temperatur. Det är en viss fördröjning av upphettningen vilket ger att ett objekt som utsätts för hög temperatur själv initialt har lägre temperatur. Fördröjningen blir längre ju mer material objektet har, om t.ex. flera kablar är hopbuntade eller om det finns mekaniska skydd som hindrar den varma gasens strömning. I modellen ansätts kritiska nivåer enligt tabell 6. Värdena i tabellen är grundade på en litteraturstudie som genomförts 1998 [ref. 32].

Komponent	Kritisk nivå	Kommentar
PVC-kabel	200 °C	Omgivande beräknad gastemperatur
PEX-kabel	300 °C	Omgivande beräknad gastemperatur
Kretskort, relä	70 °C	Omgivande beräknad gastemperatur
PVC-kabel	8 kW/m <sup>2</sup>	Undre gräns där kortslutning ej sker
PVC-kabel	10,5 kW/m <sup>2</sup>	Undre gräns där antändning ej kan ske med pilotlåga
Trä	25 kW/m <sup>2</sup>	Trä antänds spontant utan pilotlåga
Trä	12,5 kW/m <sup>2</sup>	Trä antänds med pilotlåga

Tabell 6 Kritiska nivåer för olika komponenter. Eftersom större delen av kablagen består av PVC-kabel blir nivåerna för PVC normalt dimensionerande

Bärande strukturer och element, fästordningar m.m. beaktas genom dess brandtekniska klassificering.

#### 4.5.2

##### Påverkan på människan

Bull och Lawrence [ref. 33] har undersökt kriterier för hudskador vid höga temperaturer. En hudtemperatur på 74 °C i en sekund är gränsen för att brännskador skall uppstå. En temperatur i huden på 98 °C leder till tredje gradens brännskador. Bull och Lawrence säger vidare att hudtemperaturen 60 °C i 10 sekunder också resulterar i brännskador. Observera att det är hudtemperaturen som avses.

Barry [ref. 31] anger värmestrålningsnivåer då olika skador uppstår på "människor" enligt tabell 7 nedan.

Infallande värme-strålningsnivå (kW/m <sup>2</sup> )	Påverkan
37,5	100% dödlighet inom 1 minut. 1% dödlighet inom 10 sekunder
25,0	100% dödlighet inom 1 minut. Allvarligt skadade inom 10 sekunder
12,5	1% dödlighet inom 1 minut.
4,0	Skapar smärta inom 20 s, brännskador osannolikt
1,6	Kan uthärdas under längre tid
1,0	Övre gräns för långvarig påverkan
0,67	Motsvarar solstrålningen en sommardag

Tabell 7 Påverkan på människa vid olika värmestrålningsnivåer.

Svensk bygglagstiftning anger vissa kriterier som skall uppfyllas innan det anses att utrymning är omöjliggjord [ref. 34]. Dessa kriterier kan vara jämförbara med när en manuell insats kan ske utan speciell skyddsklädsel. Bl.a. anges den maximala kortvariga värmestrålningsintensiteten till 10 kW/m<sup>2</sup>, en lufttemperatur av högst 80 °C samt ett rökgaslager som ej når närmare golv än 1,6 + 0,1H meter, där H är rumshöjden. I [ref. 37] anges en lufttemperatur av högst 180 °C under en minut och en trålningsintensitet på högst 2,5 kW/m<sup>2</sup> under högst 5 minuter.

För brandmän med erforderlig skyddsutrustning är förhållandena något annorlunda. Dels utgör skyddsutrustningen ett effektivt skydd mot inkommande värmepåverkan, samtidigt som medfört vatten kan formas som skydd. Skyddande vattenstråle är effektivt vid värmepåverkan från en specifik punkt men är svårare att tillgodoräkna vid rumsbränder. I en belastningsstudie [ref. 35] upplevde försökspersonerna smärta efter fem minuters vistelse i ett utrymme med en rökstemperatur på ca. 350 °C. Den infallande värmepåverkan som medför att skyddskläderna antänds bör dock inte överskridas i längre tidsperspektiv. I [ref. 38] anger man acceptabel strålningsnivå för personer utrustade med skyddsutrustning till 6-8 kW/m<sup>2</sup>. Vid ca. 6 kW/m<sup>2</sup> angav man en aktionstid av ca. 15-30 minuter. Vid försök med Skyddsbeklädnad 90 [ref. 36] kunde man uppehålla sig 3-7 minuter vid en trålningsnivå på ca. 7 kW/m<sup>2</sup>, vid 15 kW/m<sup>2</sup> minskade aktionstiden till knappt 2 minuter innan man retirerade p.g.a. smärta.

Följande kriterier har därmed bedömts användbara:

Kännetecken	Fullständig skyddsutrustning	Oskyddad, normalklädd
Värmestrålningsnivå	15 kW/m <sup>2</sup> (kortvarigt, ca 2 min)	10 kW/m <sup>2</sup> (kortvarigt, ca 4 s)
	6 kW/m <sup>2</sup> (långvarigt, ca 15 min)	2,5 kW/m <sup>2</sup> (långvarigt, ca 5 min)
		60 kJ/m <sup>2</sup> utöver 1 kW/m <sup>2</sup>
Rökgastemperatur	450 °C	-
Rumstemperatur	200 °C	80 °C
Rökgasernas höjd	-	1,6+0,1H
Siktbarhet	-	Minst 5 m fri sikt i små utrymmen, 10 m i övriga

Tabell 8 Dimensionerande kriterier för person som är normalklädd samt person med fullständig skyddsklädsel.

#### 4.6 Modell för att jämföra händelseförlopp/brandscenario och tillgängliga resurser

Modellen går ut på att avgöra om de tillgängliga resurserna i form av personal och utrustning är tillräckliga för att de definierade skyddsmålen för anläggningen eller det specifika typrummet skall kunna uppfyllas. Genom att utgå från skyddsmål och brandscenario och sedan beakta händelseförlopp och släckförmåga kan det avgöras om de befintliga resurserna är tillräckliga.

##### 4.6.1 Tid i förhållande till tillgänglig resurs

När branden senast måste släckas för att ej bli okontrollerbar kan bestämmas med kunskap om vilka tillgängliga resurser som finns vid olika tidpunkter. Om brandens storlek [MW] är större än den tillgängliga släckeffekten [MW] vid den aktuella tidpunkten kan branden inte släckas. Exempel på släckmedelsmängder som kan finnas tillgängliga vid olika tidpunkter redovisas i tabellen nedan. Hur dessa släckmedelsmängder kan räknas om till en släckeffekt uttryckt i enheten MW redovisas i kapitel 4.4.5.

Släckmedel	Flöde minut 1-5	Flöde minut 5-10	Flöde minut 10-30	Flöde efter 30 minuter
Vatten	50 l/min	300 l/min	500 l/min	1000 l/min
Vatten/tungskum	-	800 l/min	2000 l/min	7000 l/min
Lättskum	-	80 m <sup>3</sup> /min	120 m <sup>3</sup> /min	160 m <sup>3</sup> /min
Pulver	0,5 kg/s	1 kg/s	10 kg/s	10 kg/s

Tabell 9 Exempel på släckmedelsmängder vid olika tidpunkter.

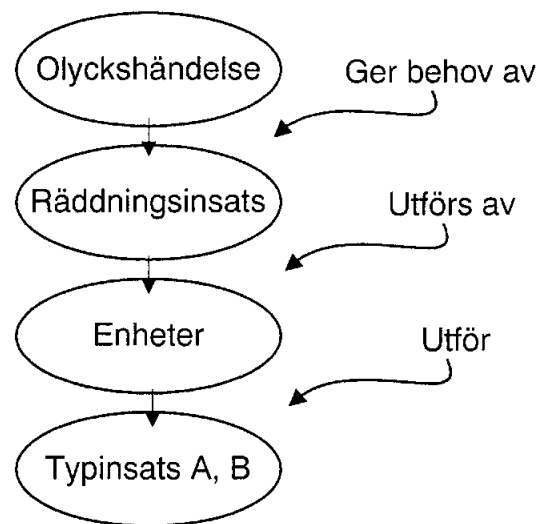
Tillgängligheten för den interna brandstyrkan och den externa räddningstjänsten är vanligen känd och är vad som avses i tabellen. Vad som

däremot inte är känt är tillgängligheten för den brandskyddsutbildade personalen och vilken släckförmåga som den medför.

## 5 Exempel

Exemplet kan ses som en ”verksamhetsanalys” av räddningsinsatsen. Eftersom det är anläggningens innehavare eller ägare som har ansvaret att vidta de åtgärder som behövs för att upprätthålla säkerheten, är det på dennes initiativ som eventuell manuell brandsläckning kan tillgodoräknas. Normalt utförs räddningsinsatsen av ett antal enheter (vad som larmas ut), enheterna utför ett antal uppgifter på skadeplatsen. Insatsen utformas givetvis olika beroende på vilken olyckshändelse som uppstått. Räddningsverk och räddningstjänst har erfarenhetsmässigt utvecklat ett antal ”typinsatser” som bl.a. ligger till grund för utbildning vid räddningsskolorna. Ett antal sådana typinsatser kan sedan sättas samman till en räddningsinsats. Räddningsinsatser är komplexa och förändras ofta under tiden varför t.ex. en typinsats ”rökdykning i byggnad” inte går att applicera på alla byggnader.

Detta medför att begreppet ”typinsats” blir centralt i försöken att utforma funktionskrav på de manuella ingreppen, se figuren nedan.



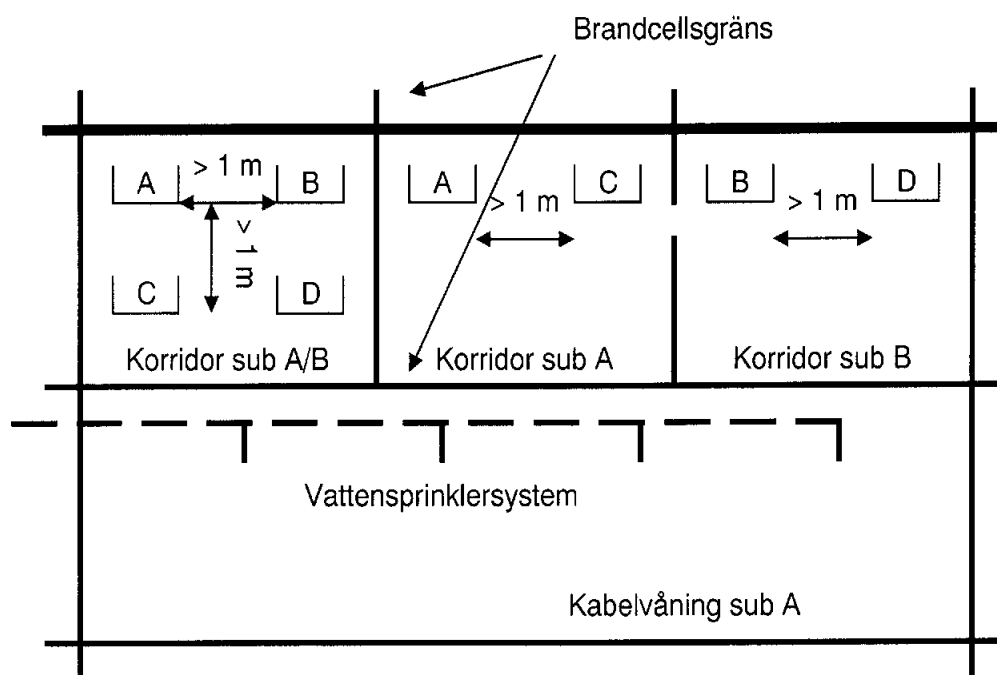
Figur 8 Olyckshändelsen ger behov av räddningsinsats, som i sin tur består av typinsatser. Från [ref. 39].

Detta exempel kan ge en bild av vilka scenarion räddningsstyrkan har att bearbeta vid ankomsten. För dessa scenarion görs en analys av styrkebehovet. De scenarier som anläggningensägaren vill tillgodoräkna sig manuella insatser, resulterar i ett antal typinsatser som kan utföras av olika enheter. Detta är den beredskap som larmas ut. Ur denna verksamhetsanalys kan sedan en insatsplan arbetas fram där styrkeuppbyggnad, servicegrad och därmed krav på beredskap erhålls som överensstämmer med målen för räddningsstyrkan och/eller säkerhetsuppbyggnaden i stort. Exempel ”målet för larmad räddningsstyrka är att kyla/begränsa/släcka förväntad brand i berört objekt”.

## 5.1 Skyddsmål

Metoden åskådliggörs med tre exempel.

1. Första exemplet utgörs av brandspridning mellan redundanta stråk, avståndsseparerade med minst en meter (tre fot).
2. Andra exemplet beaktar brandspridning mellan redundanta stråk, separerade med fysisk avskärmning i form av väggparti utan brandcellsavskiljande förmåga.
3. Tredje exemplet tar upp brandförlopp som kan pågå så länge att byggnadskonstruktioner i förlängningen riskerar att kollapsa.



Figur 9 Schematisk uppdelning av säkerhetssystemets redundanta stråk vid den fiktiva anläggningen.

Exemplen kan uttryckas i skyddsmål för den manuella styrkan enligt följande:

1. Räddningsstyrkan skall förhindra brandspridning mellan redundanta stråk innan kritiska förhållanden uppstår i brandutsatt utrymme.
2. Räddningsstyrkan skall förhindra brandspridning mellan två utrymmen innehållande redundanta stråk genom att släcka branden innan genombrott sker.
3. Räddningsstyrkan skall förhindra brandspridning mellan två utrymmen innehållande redundanta stråk genom att släcka branden innan kollaps av byggnadskonstruktion sker.

## 5.2 Händelseförlopp

Händelseförloppen förutsätter att endast en samtidig insats utförs, dvs brandbekämpning av respektive brandscenario.

Det är möjligt att tänka sig en arbetsplatsolycka som ger upphov till brand och där den skadade personen samtidigt måste räddas från utrymmet. Om



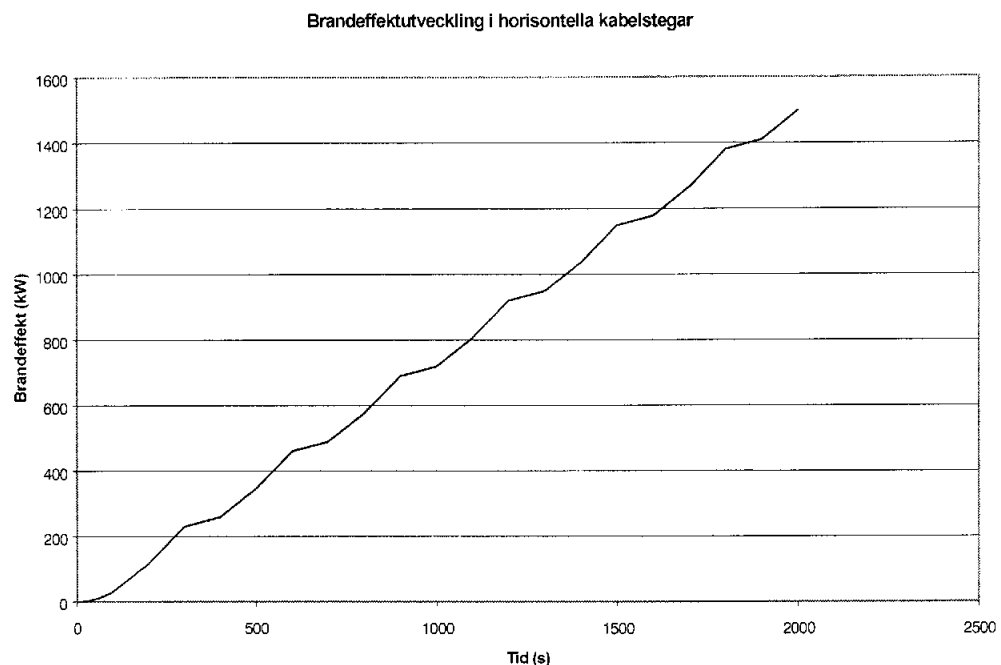
resurserna är knappa måste räddningsledaren prioritera insatsen. Normalt i räddningstjänstsammanhang prioriteras liv före egendom, vilket kan innebära ett besvärligt beslut i nämnda arbetsplatsolycka. Sådana prioriteringar behöver räddningsledaren således inte göra i dessa exempel.

### 5.2.1 Exempel 1, Förhindra brandspridning mellan redundanta stråk innan kritiska förhållanden uppstår i brandutsatt utrymme

Brandspridning mellan 3-fots separerad utrustning sker i detta fall när värmestrålningen eller temperaturen överstiger de gränsvärden för antändning som utrustningen har, eftersom ingen mellanliggande brandbelastning som kan sprida brand förutsätts. I exemplet antas utrustningen utgöras av signal-, manöver-, och kraftkablage. Kritiska förhållanden och därmed felfunktion hos dessa komponenter erhålls då omgivningstemperaturen i utrymmet uppgår till 200 °C eller om värmestrålningpåverkan uppgår till 8 kW/m<sup>2</sup> enligt tab. 6.

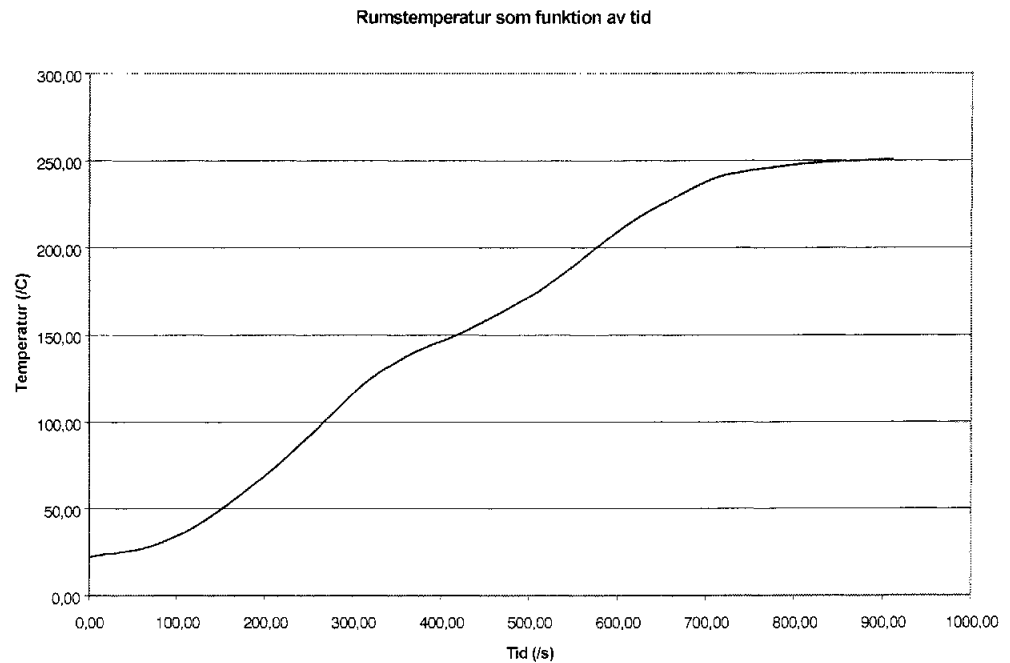
#### Brandförlopp

Brandspridning i sidled mellan kabelstegar förekommer inte i det inledande brandförloppet. Däremot förekommer brandspridningsrisk i höjddled samt horisontell brandspridning på varje kabelstege om 2 meter vardera. Horisontella kabelstegar omfattas således av brand i två meter per stege och i detta fall det finns tre stegar ovanför varandra vilket innebär att den maximala brandeffekten begränsas till ca. 700 kW enligt figuren nedan.



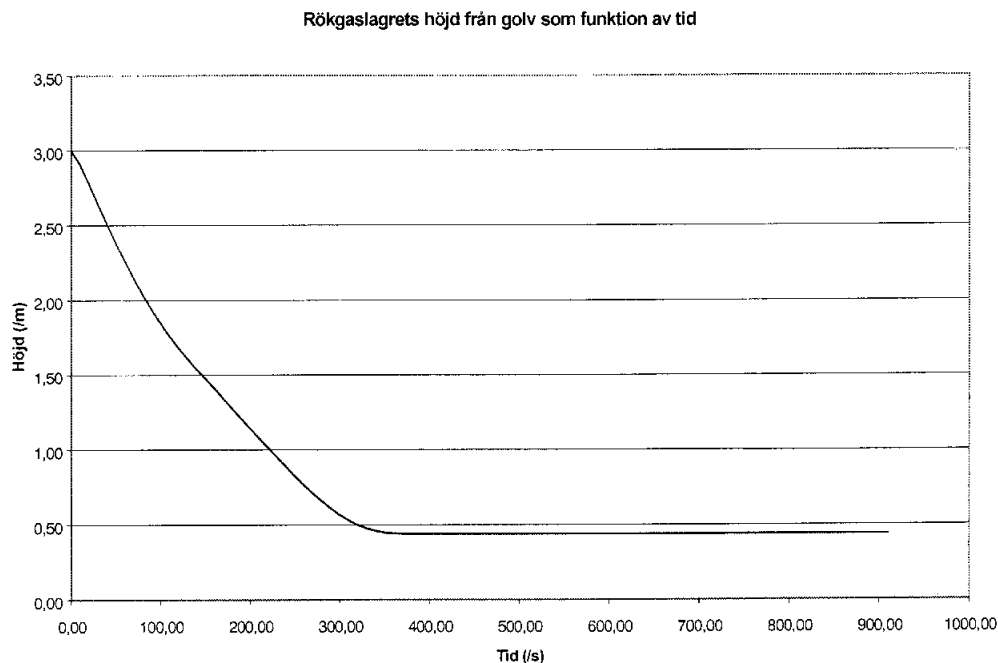
Figur 10 Effektutvecklingskurva vid brand i horisontell kabelstege. Vid endast en kabelstege blir effektutvecklingen konstant vid 220 kW, vid två 440 kW osv.

Brandförloppet ger upphov till bl.a. förhöjd rumstemperatur samt värmestrålningspåverkan från flammorna. I diagrammet nedan visas temperaturen i det övre varma gaslagret som funktion av tiden från brandstart i en korridor som är 10\*5\*3 meter (L\*B\*H).



Figur 11 Temperatur som funktion av tid vid kabelbrand i en korridor.

Vid många incidenter medför inte brandförloppet upphov till erforderlig värmepåverkan eller att branden självslocknar. I detta exempel erhålls dock kritiska förhållanden till följd av förhöjd rökgastemperatur och värmestrålningspåverkan efter ca. 10 minuter. Rökgastemperaturen är i detta fall dimensionerande, 200 °C enligt tabell 6, eftersom rökgaserna efter kort tid närmar sig golvnivån och värmestrålningsnivån från flammorna dämpas av rök och sot, se figuren nedan.



Figur 12 Rökgaslagrets höjd som funktion av tid vid kabelbrand i en korridor.

Hade utrymmet varit försett med rökgasevakivering hade förhållandet sett annorlunda ut, men i detta fall hade värmestrålningsnivån från flammorna varit dimensionerande efter ungefär lika lång tid. Röken medför dock en miljö som är försvårande för oskyddad person att genomföra insatsen.

### Släckförmåga

Vid tiden 4 minuter uppgår brandeffekten till ca. 150 kW och vid tiden 10 minuter 700 kW vilket med marginal understiger vad som teoretiskt kan släckas med en handbrandsläckare innehållande 6 kg pulver. Det råder således förutsättningar för en lyckad insats, även om den utgörs av en handbrandsläckarinsats.

Appliceras detta på analysmetoden för att utvärdera Manuella ingrepp som utvecklades inom ramen för projektet Yttre Händelser kan hänsyn tas till möjligheten för larmupptäckt, var utrymmet är beläget samt själva utförandet.

Kraven på insatsen är i detta exempel relativt låga med få taktiska beslut samt låga krav på organisation och resurser m.m. Exemplet ställer däremot stora krav på tidig larmupptäckt samt väl inövade rutiner för att reducera tiden mellan brandens initiering till dess brandbekämpning kan påbörjas. Detta medför att det är tidsaspekten som är avgörande.

Detta innebär att manuell brandsläckning utan skyddsutrustning måste genomföras inom 3-4 minuter. Insatsen är alltså begränsad av miljön för den

oskyddade insatspersonalen och inte av skyddsmålets tidskrav som var 10 minuter.

Om följande antages: Tid för kommunikation och larm sätts till 1 minut, tid för angreppstid sätts till 0 (de brandskyddsutbildade springer direkt till brandrum) samt tid för släckning sätts till 0.5 minuter fås tid för transport till brandrum. Denna tid är 1.5 minut ( $3-1-0.5=1.5$ ). Om man sedan antar att löphastigheten är 200 m/min erhålles en radie till brandrummet om 300 meter. **Vad är då möjligheten att en brandskyddsutbildad person finns i detta område?**

De tider som kan begränsa rökdykarinsatsen med skyddsutrustning är:

1. Strålning (enligt resonemang ovan), skymms av rök, ej begränsande.
2. Släckförmåga – dimstrålrör (enligt tabell 4 och figur 10), 11 MW jämfört 1.4 MW efter 2000 sek. (33 min), ej begränsande.
3. Temperatur, 450° C (enligt tabell 8), uppnås ej, ej begränsande.
4. Rökghöjd, rökdykare är ej berörda, ej begränsande.

Detta innebär att den skyddade rökdykarens insats begränsas av skyddsmålets tidskrav som är 10 minuter.

Om följande antages: Tid för kommunikation och larm sätts till 1 minut och tid för insats sätts till 0.5 minut fås tiden till angreppsvägen och tiden till rummet. Denna tid är 8.5 minuter ( $10-1-0.5=8.5$ ).

Med anspänningstid 5 minuter fås tiden för transport från brandstation till angreppsvägen och tiden till rummet. Denna tid blir således 3.5 minuter.

Om det sedan antages att det är 500 meter mellan brandstationen och angreppsvägen fås en körtid på 0.5 minut samt att tiden för ihopsamling av materiel och ordergivning tar 0.5 minut fås tillgänglig tid  $3.5-0.5-0.5=2.5$  minuter. Detta är alltså tillgänglig tid för transport till rummet. Vidare antages att hastigheten på rökdykarna är 67 meter/minut fås att max väg till rum blir ca. 170 meter.

**Hur ligger brandrummet i förhållande till utgångspunkten för angreppet?**

Typinsatsen utgörs således av en mycket snabb handbrandsläckarinsats. Denna kan utföras av den interna brandstyrkan eller specialutbildad driftpersonal med erforderlig skyddsutrustning. Beroende på var i anläggningen scenariot appliceras åtgår mer eller mindre tid till själva transporten till utrymmet. Åtgår mer än 4 minuter för transport till brandrummet krävs personal med fullständig rökdykarutrustning, vilken i sin tur har ytterligare 6 minuter på sig innan kritiska förhållanden uppstår.

Slutsatsen blir således att om det finns en brandskyddsutbildad person inom 300 meters avstånd till brandrummet kan en oskyddad insats tillgodoräknas och om brandrummet är 170 meter från utgångspunkten för angreppsvägen kan även denna insats tillgodoräknas.

Metoden tar ej hänsyn till att "branden" i vissa fall kan detekteras innan det börjar brinna. Detta kan i dessa fall ge längre tillgängliga tider för insatser d.v.s. att det finns större möjligheter att tillgodoräkna sig manuella insatser. Man kan se detta fenomen som en inbyggd säkerhetsmarginal.

### 5.2.2 **Exempel 2, Förhindra brandspridning mellan två utrymmen innehållande redundanta stråk genom att släcka branden innan kritiska förhållanden uppstår i icke brandutsatt utrymme**

Brandspridning mellan redundanta stråk placerade i olika utrymmen sker, i detta fall, på grund av att utrymmena inte är avskiljda i separata brandceller. Brandspridning kan ske när värmestrålningen eller temperaturen överstiger de gränsvärden för antändning som utrustningen har i intilliggande rum eller när brandspridning sker genom direktkontakt, i detta fall kan mellanliggande brandbelastning förekomma i närheten av öppningar. I övriga fall förutsätts brandspridning ske vid en rökgastemperatur i brandrummet av ca. 400 °C eller om värmestrålningpåverkan uppgår till ca. 10 kW/m<sup>2</sup>.

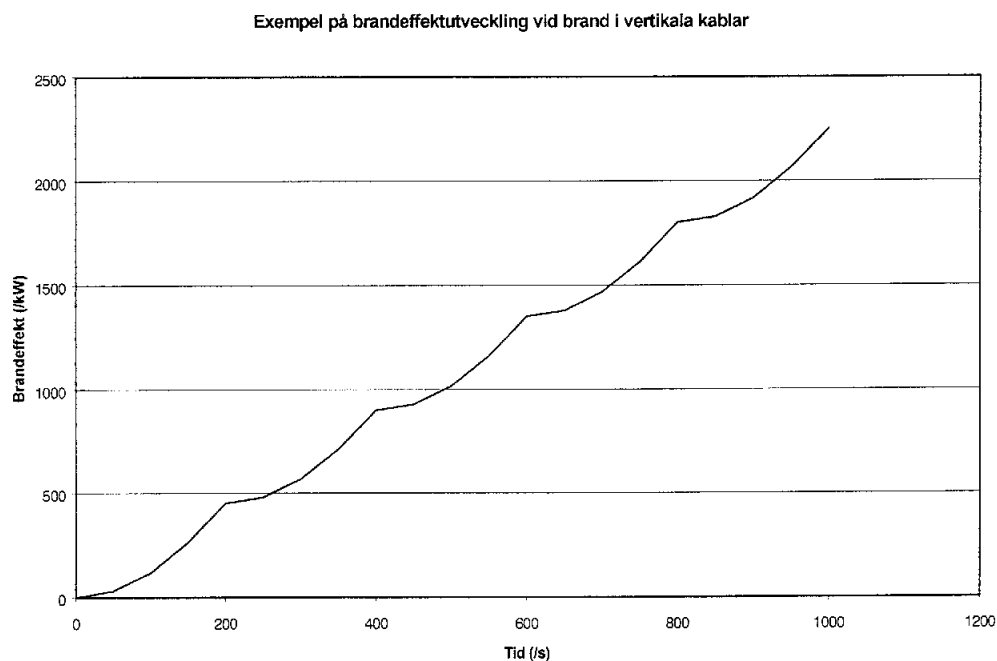
Vid brandspridning till intilliggande rum uppkommer brandscenariot i exempel 1, förutsatt att det inte är den redundanta funktionen som antänds.

Utrustningen utgörs av signal-, manöver-, och kraftkablage. Kritiska förhållanden och därmed felfunktion hos dessa komponenter erhålls då omgivningstemperaturen i intilliggande utrymme uppgår till 200 °C eller om värmestrålningpåverkan uppgår till 8 kW/m<sup>2</sup>. Om det redundanta stråket är placerat direkt vid t.ex. öppningen erhålls dock felfunktion lokalt i samband med brandspridning.

#### **Brandförlopp**

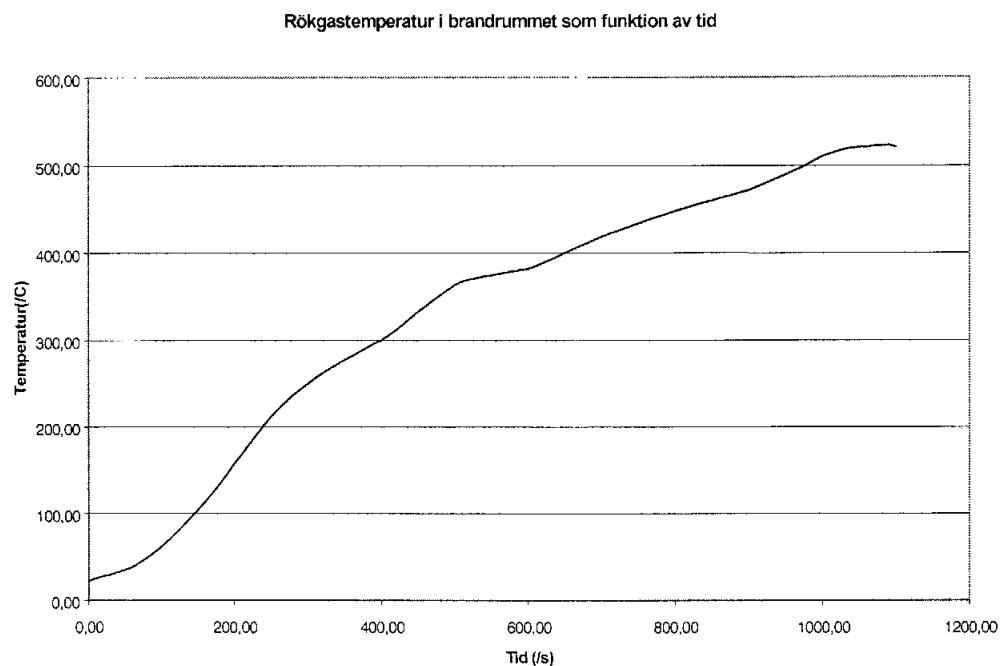
Det brandutsatta utrymme innehåller i detta exempel både horisontella och vertikala kabelstegar. De vertikala stegarna går från golv till tak och omfattas av brand i hela sin längd samt i kombination med brandspridning mellan flera parallellt placerade kabelstegar. I detta exempel förekommer dock ingen direkt brandspridning mellan utrymmena, utan brandspridning till intilliggande rum sker först efter att övertändning i det brandutsatta utrymme inträffat.

De vertikala kabelstegarna omfattas av brand i fyra meter per steg och i detta fall finns det fem stegar bredvid varandra vilket innebär att den maximala brandeffekten begränsas till ca. 2,3 MW enligt figuren nedan.



Figur 13 Effektutvecklingskurva vid brand i vertikala kabelstegar. Vid endast en kabelstege blir effektutvecklingen konstant vid 450 kW, vid två 900 kW osv.

Brandförloppet ger upphov till bl.a. förhöjd rumstemperatur samt värmestrålningpåverkan från flammorna. I diagrammet nedan visas temperaturen i det övre varma gaslagret som funktion av tiden från brandstart i en korridor som är 10\*5\*3 meter (L\*B\*H).



Figur 14 Temperatur som funktion av tid vid vertikal kabelbrand i en korridor.

I detta exempel erhålls felfunktion, i brandrummet, till följd av förhöjd rök-gastemperatur och värmestrålningspåverkan efter ca. 4 minuter. Detta får dock inga omedelbara konsekvenser för säkerhetsfunktionerna eftersom redundans finns i intilliggande utrymme. Man kan dock inte acceptera att brandförloppet "får brinna färdigt" eftersom brandspridningsrisk förekommer. Manuella ingrepp i brandrummet utan skyddsklädsel måste ske inom 1,5 minuter p.g.a. temperatur 80 °C i figur 14. Med antaganden om tider för kommunikation och larm samt tid för släckning enligt exempel 1 kan ej denna insats tillgodoräknas. Att tillgodoräkna manuella ingrepp utan skyddsklädsel bedöms inte realistiskt p.g.a. den korta tid som finns tillgänglig. Manuella ingrepp i brandrummet med skyddsklädsel måste ske inom ca 11 minuter från det att branden startar p.g.a. skyddsålet spridning av brand är gränssättande, temperatur 400° C. Med samma resonemang som i exempel 1 erhålles avståndet mellan utgångspunkt för angreppsväg och brandrum till 240 m (170+70).

### **Släckförmåga**

Att förhindra brandspridning till intilliggande rum kan, i detta läge, ske genom att antingen släcka branden i brandrummet eller genom att bevaka och kyla begränsningsytorna. Denna valmöjlighet ställer krav på taktiskt beslut. Som tidigare nämnts styrs de taktiska besluten av syftet med insatsen, skadans art och de tillgängliga resurserna som finns tillgängliga. I exemplet är det realistiskt att anta att en rökdykargrupp med fullständig skyddsutrustning finns tillgänglig. Den insats som kan påräknas i detta fall är en offensiv insats enligt resonemangen i kapitel 2.1.4.

Vid tiden 13 minuter uppgår brandeffekten till ca. 2 MW vilket med marginal understiger vad som teoretiskt kan släckas med ett dimstrålrör, vilket är den normala utrustningen för rökdykarinsats. Det råder således förutsättningar för en lyckad insats, om den utgörs av en vältränad rökdykargrupp. Skulle det visa sig att rökdykargruppen misslyckas i sina försök att släcka branden uppstår dock en besvärlig situation. Finns förstärkning tillgänglig eller andra förutsättningar för ytterligare försök? Är utrustningen i det redundanta utrymmet påverkade till följd av släckinsatsen? Har andra åtgärder vidtagits i det hotade utrymmet?

Kraven på insatsen är i detta exempel något högre med både taktiska beslut och vissa krav på minimiorganisation och resurser. Därtill ställer exemplet krav på tidig larmupptäckt samt väl inövade rutiner för att reducera tiden mellan brandens initiering till dess brandbekämpning kan påbörjas. Detta medför att det är tidsaspekten i kombination med de taktiska besluten som avgör utfallet av insatsen. För att vara lyckosam i exemplet krävs således en modell av scenariot där "om-fall" och alternativa händelseutvecklingar är förberedda. Om t.ex. mer än 11 minuter krävs innan styrkan kan tillgodoräknas vid brandrummet fordras någon form av "miljöförbättrande" åtgärd, i form av t.ex. rök-gasevakivering för att manuella ingrepp skall vara möjliga. Saknas sådan

rökgasevakivering kanske den taktiska inriktningen redan från början skall vara att inrikta insatsen på brandspridningsbegränsande åtgärder från det hotade utrymmet.

Typinsatsen utgörs således av en snabb rökdykarinsats. Denna kan utföras av specialutbildad brandstyrka med erforderlig skyddsutrustning. Beroende på var i anläggningen scenariot appliceras åtgår mer eller mindre tid till själva transporten till utrymmet. Vilket innebär att exemplet kan kompletteras genom en utvärdering med hjälp av analysmetoden av Manuella ingrepp som utvecklades inom ramen för projektet Yttre Händelser (ref. 21).

### 5.2.3 **Exempel 3, Förhindra brandspridning mellan två utrymmen innehållande redundanta stråk genom att släcka branden innan kollaps av byggnadskonstruktion sker**

Brandspridning mellan redundanta stråk placerade i olika, brandtekniskt separerade, utrymmen sker genom att brandbelastningen är så hög att brand kan fortgå i längre tid än den brandtekniska klassen tillåter, samt att sprinklersystemet felfungerar eller inte täcker det brandutsatta området.

Brandspridning sker, i detta fall, när byggnadskonstruktionerna värmepåverkats i mer än 60 minuter, så att värmepåverkan på motstående sida överstiger gränsvärdena för antändning eller att konstruktionerna kollapsar. Är redundanta objekt monterade direkt mot byggnadskonstruktionerna uppkommer felfunktion redan innan brandspridning sker.

Vid brandspridning till intilliggande rum uppkommer brandscenariot i exempel 1, förutsatt att det inte är den redundanta funktionen som antänds. Vid kollaps av byggnadsdel förutsätts momentan felfunktion i det hotade utrymmet.

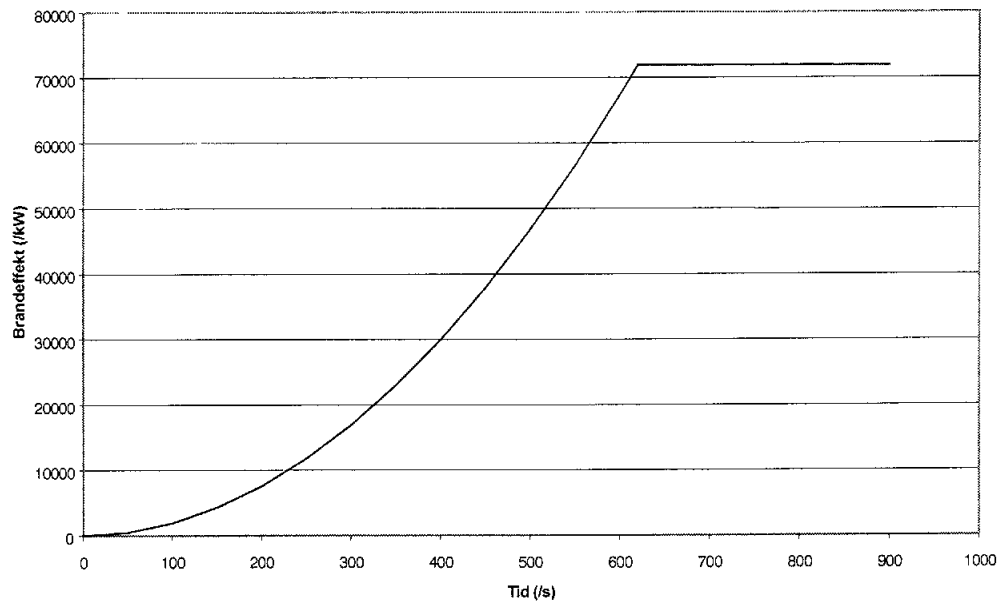
Utrustningen, i det hotade utrymmet, utgörs av signal-, manöver-, och kraftkablage. Kritiska förhållanden och därmed felfunktion hos dessa komponenter erhålls då omgivningstemperaturen uppgår till 200 °C eller om värmestrålningpåverkan uppgår till 8 kW/m<sup>2</sup>. Om det redundanta stråket är placerat direkt vid t.ex. öppningen erhålls dock felfunktion lokalt i samband med konvektiv värmeövergång.

#### **Brandförlopp**

Det brandutsatta utrymmet innehåller i detta exempel stora mängder olja. Oljan pressas med stor kraft från det oljebärande systemet och resulterar i en oljespray som momentant antänds, samtidigt som oförbränd olja samlas i en brinnande oljepöl med successivt ökande diameter. Oljeläckaget fortgår under lång tid, eftersom man av tekniska skäl inte kan stoppa oljeflödet. Oljepölen begränsas av fysiska hinder så att dess maximala area uppgår till ca. 30 m<sup>2</sup>.



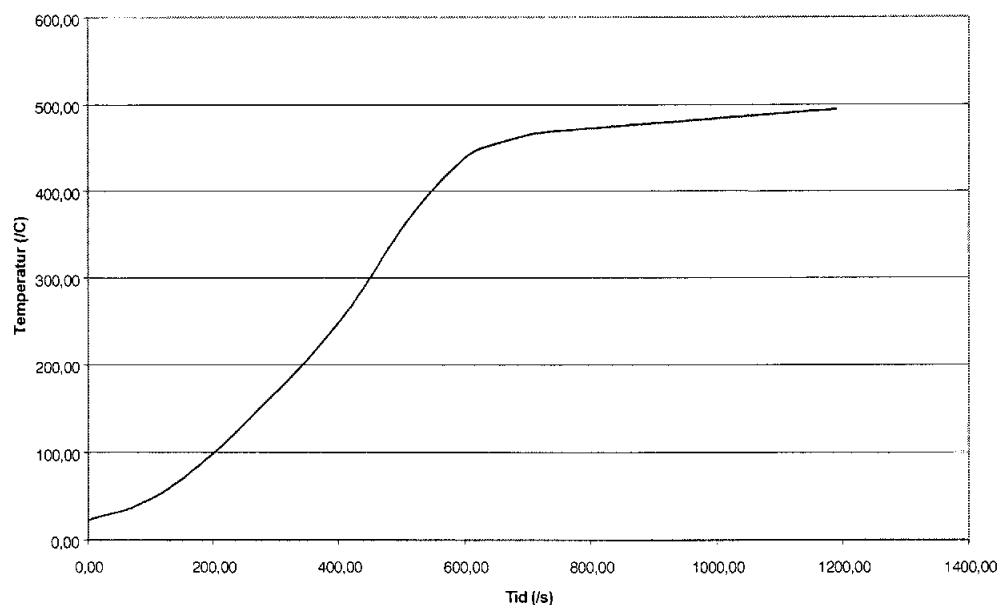
Exempel på brandeffektutveckling vid brand i oljepöl



Figur 15 Effektutvecklingskurva vid brand i oljepöl. Den maximala effektutvecklingen begränsas av fasta hinder i spillets väg.

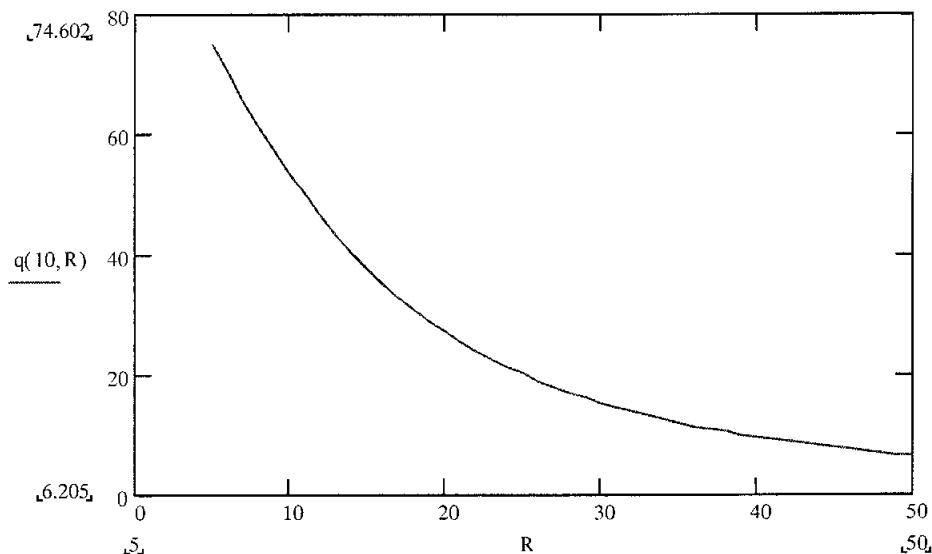
Brandförloppet ger upphov till bl.a. förhöjd rumstemperatur samt värmestrålningpåverkan från flammorna. I diagrammet nedan visas temperaturen i det övre varma gaslagret som funktion av tiden från brandstart i en hall som är 50\*20\*8 meter (L\*B\*H).

Rökgastemperatur som funktion av tid



Figur 16 Temperatur som funktion av tid vid oljepölbrand i ett stort utrymme.

Trots den kraftiga effektutvecklingen som förväntas leder detta inte till exceptionellt höga rökstemperaturer, däremot förväntas höga värmestrålningsnivåer från flammorna. Redan efter 3 till 4 minuter är flammorna så höga att de når takhöjd. Under förutsättning att bränslepölen har en diameter av ca 10 meter erhålls värmestrålningsnivåer som funktion av avståndet från mottagaren enligt figuren nedan.



Figur 17 Värmestrålningsnivån,  $q$  ( $\text{kW}/\text{m}^2$ ), på olika avstånd,  $R$  (m), från oljepölen.

I detta exemplet kan man inte acceptera att brandförloppet "får brinna färdigt" eftersom den lokala värmepåverkan på byggnadskonstruktionerna till slut leder till kollaps. Felfunktion hos kablaget i brandrummet erhålls till följd av förhöjd rökstemperatur och värmestrålningspåverkan efter ca. 6 minuter. Detta får dock inga omedelbara konsekvenser för säkerhetsfunktionerna eftersom redundans finns i intilliggande utrymmen. Manuella ingrepp i brandrummet utan skyddsklädsel bedöms inte realistiskt p.g.a. den hastiga brandutvecklingen.

### Släckförmåga

Att förhindra brandspridning till intilliggande rum kan, i detta läge, ske genom att antingen släcka branden i brandrummet eller genom att bevaka och kyla begränsningsytorna. Denna valmöjlighet ställer i detta exemplet stora krav på taktiska beslut, eftersom de taktiska besluten styrs av syftet med insatsen, skadans art och de resurser som finns tillgängliga.

I exemplet är det realistiskt att anta att en rökdykargrupp med fullständig skyddsutrustning finns tillgänglig inom 10 minuter. Vid tiden 10 minuter uppgår brandeffekten till ca. 66 MW vilket överstiger vad som teoretiskt kan släckas med ett dimstrålrör, som är den normala utrustningen för en

rökdykargrupp. Att den första anländande rökdykargruppen har möjlighet att genom offensiv insats släcka branden är därför inte troligt.

Första anländande rökdykargrupp får i detta exempel en mer defensiv roll eftersom resurserna inte är tillräckliga i inledningsskedet. Gruppen får således i uppgift att kyla begränsningsytorna. För att kyla begränsningsytorna krävs en påföringshastighet av minst 2 liter vatten per kvadratmeter begränsningsyta [ref. 38]. Den kylande insatsen måste ske i skydd av byggnaden eller annat skyddande föremål, eftersom värmestrålningsnivån är hög från flammorna. Detta medför att vattenpåföringen får ske med hjälp av vattenkanon. Vattenkanoner har normalt en täckningsarea mellan 300 och 600 kvadratmeter vid en kastlängd på 25 meter [ref. 38]. Väggytan i exemplet uppgår till ca. 400 m<sup>2</sup>, vilket ställer vissa krav på den utrustning som skall användas.

Begränsningsytorna kan därmed kylas till dess erforderlig förstärkning anländer. Vid insatsplaneringen är det viktigt att den taktiska inriktningen utgörs av ett medvetet val och att det är klargjort när man växlar över till offensiv insats.

Den offensiva insatsen utgörs i detta exempel av en lättskumsinsats. För att täcka golvytan med lättskum åtgår minst 4 normala lättskumsaggregat. Dessa aggregat kräver pump- och vattenkapacitet samt manuella resurser motsvarande fyra normala rökdykargrupper, eller ett tjugotal personer. Sådana resurser tar tid att rekvirera och när de väl anländer ställs stora krav på ledningsfunktionerna. Insatsen blir troligen dessutom utdragen i tid vilket i sin tur leder till kontinuerlig resursförstärkning. Luftpaket till rökdykarna måste fyllas på eller bytas ut, skumvätska och släckvatten måste finnas och personalen tröttnas och måste bytas ut eller återhämta sig. En annan insats man kan redovisa är ett annat offensivt angrepp. Vilket utgörs av en insats som bygger på tung/mellanskumsinsats med ett par skumrör plus ett par vattensköldar för värmestrålningsskydd (Typ stänga gasolventil). Åtgång för detta är 2 st. 1+4 enheter för skyddet och 2 st. 1+4 för skummet. Dessa måste uppbackas med en vattenenhet, säg fyra motorsprutor vilket ger 8 man. Lägg till ledningsfunktionen 3 man. Totalt ca. 30 man.

Kraven på insatsen är i detta exempel mycket höga med flera taktiska beslut, stora krav på organisation och resurser samt stora krav på de ledande funktionerna. Därtill ställer exemplet krav på väl genomarbetad insatsplanering. Detta medför att det är den genomförda planeringen i kombination med de taktiska resurserna som avgör utfallet av insatsen. För att vara lyckosam i detta exempel krävs således en väl genomarbetad modell av scenariot där den troliga händelseutvecklingen är förberedd. Typinsatsen utgörs således av en skadebegränsande, defensiv vattenbegjutning av hotade byggnadsdelar. När erforderliga resurser erhållits, efter en å två timmar, växlar insatsen till att vara offensiv. Insatsen utförs av specialutbildade brandstyrkor med erforderlig ledning, skydds- och släckutrustning.

## 6 Referenser

- [1] IAEA Safety Series No. 50-P-6, *Inspection of Fire Protection Measures and Fire Fighting Capability at Nuclear Power Plants. A Safety Practice*, IAEA, Vienna 1994
- [2] NFPA 600, *Standard on Industrial Fire Brigades*, NFPA, 1996
- [3] NFPA 803, *Standard for Fire Protection for Light Water Nuclear Power Plants*, NFPA, 1993
- [4] NFPA 805, draft 6.5, *Performance-Based Standard for Fire Protection for Light Water Reactor Electrical Generating Plant*, NFPA, 1999
- [5] DRAFT DG-1094, *Regulatory Guide Fire Protection for Operating Nuclear Power Plants*, USNRC, 1999
- [6] Regulatory Guide 1-120, *Fire Protection Guidelines for Nuclear Power Plants*, USNRC, 1977
- [7] SBF, *Anvisningar angående brandförsvaret vid kärnkraftverk*, Kärnkraftskommittén, SBF, Ystad, 1972
- [8] NUREG 0800 SRP BTP CMEB 9.5-1, *Guidelines for Fire Protection for Nuclear Power Plants*, USNRC, 1981
- [9] CFR 50 Appendix R, *Fire Protection Program for Nuclear Power Facilities Operating Prior to January 1979*, Office of the Federal Register National Archives and Records Administration, Washington, 1987
- [10]
- [11] IAEA Safety Series No. 50-SG-D2, *Fire Protection in Nuclear Power Plants. A Safety Guide*, IAEA, Vienna, 1992
- [12] PSA Nivå 1, Bilagor till huvudrapporten. *Analys av manuella ingrepp 3.2 Manuella ingrepp ingående i brand- och översvämningsanalys, T-9812-45*, Barsebäck Kraft, 1998
- [13] Grunder för ledning. *Generella principer för ledning av kommunala räddningsinsatser, U14-569/98*, Räddningsverket, 1998
- [14] Räddningstaktiska grunder. *Förslag till definitioner och kommentarer därtill, P21-291/99*, Räddningsverket, 1999
- [15] Ledningsuppbyggnad i räddningsinsatsens initialske. *Problematik och bemästringsmöjligheter, P21-223/98*, Räddningsverket, 1998

- [16] Report 1014, *An Engineering Approach to Fire-Fighting Tactics*, Lunds Tekniska Högskola, 1996
- [17] Alan V. Brunacini, *Fire Command*, National Fire Protection Association, 1985
- [18] Insatsplanering - Kem. *En hjälp till räddningstjänstens planering inför stora kemikalieolyckor*, P21-271/99, Räddningsverket, 1999
- [19] SFS 1986:1102, *Räddningstjänstlag*, Förvarsdepartementet, 1986
- [20] SFS 1986:1107, *Räddningstjänstförordning*, Förvarsdepartementet, 1986
- [21] Yttre Händelser 97:25, *Manuella insatser*, Statens Kärnkraftinspektion, 1997
- [22] Meddelande 1965:7, *Vaktstyrka och beredskapsstyrka*, Statens brandinspektion, 1965
- [23] Meddelande 1963:3, *Exempel på brandordning*, Statens Brandinspektion, 1963
- [24] AFS 1995:1, *Rök- och kemdykning*, Arbetarskyddsstyrelsens författningssamling, 1995
- [25] Report 1017, *Solving tactical problems using control engineering: systems identification and modeling*, Lunds Tekniska Högskola, 1998
- [26] Report 186 och 269, *Fullscale fire experiments on electronic cabinets I och II*, Technical Research Centre of Finland, VTT, 1994 och 1996
- [27] NFPA 72, *National Fire Alarm Code*, NFPA, 1999
- [28] Babrauskas, *Brandeffektkurvor*, Lunds Tekniska Högskola, 19??
- [29] IBMB, *Cable fire experiments including qualification of intumescent coatings*, Technische Universität Braunschweig, SMIRT 14 Conference, Fire safety in nuclear power plants and installations, 1997
- [30] Statens Vattenfallsverk, *Kabelbrandprov i horisontell kabelkulvert i Studsvik*, 1971
- [31] NFPA, *The SFPE handbook of Fire protection Engineering*, 1990
- [32] Brand- och översvämningsanalys, 8.14. *Metodbeskrivning. Komponentmodell*, Barsebäck Kraft AB, 1998 och *Fire Performance of Electric Cables, Final report on the European Commission SMT Programme Sponsored Research Project SMT4-CT-2059*. FIPEC 2000
- [33] Bull & Lawrence, *Fire Materials 3*, 1979

- [34] BBR, *Boverkets byggregler, BFS 1998:38*, 1998
- [35] Rapport P21-202/97, *Belastningsstudier av rökdykning vid extrem strålningsvärme*, Räddningsverket, 1997
- [36] SP Rapport 1990:36, *Basutrustning för skumsläckning*, Statens Provningsanstalt, 1990.
- [37] FEG, *Fire Engineering Guidelines*, Fire Code Reform Centre, Sidney, Australien, 1996
- [38] Rapport R49-216/00, *Brandkydd i oljedepå, rekommendation*, Räddningsverket, 2000
- [39] Rapport P21-300/99, *Verksamhetsanalys –ett verktyg för beskrivning av räddningsstyrkornas förmåga*, Räddningsverket, 1999