



Systemperspektiv på industriell brandsäkerhet  
- en studie av organisering och användbarhet i  
brandskyddet

Helene Degerman och Staffan Bram



Brandforsk

## PROJECT TECHNICAL PARTNER

Anders Lundberg, MSB  
Fredrik Nystedt, Briab  
Johan Rönmark, Räddningstjänst Gislaved  
Lars Brodin, Brandskyddsföreningen  
Petter Berg, Volvo Cars  
Thomas Gell, Brandforsk

### Keywords

Industrial fire safety, resilience, fire safety management, human centered design, human factors, usability

RISE Research Institutes of Sweden AB

RISE Rapport : 2019:56

ISBN: 978-91-88907-83-7

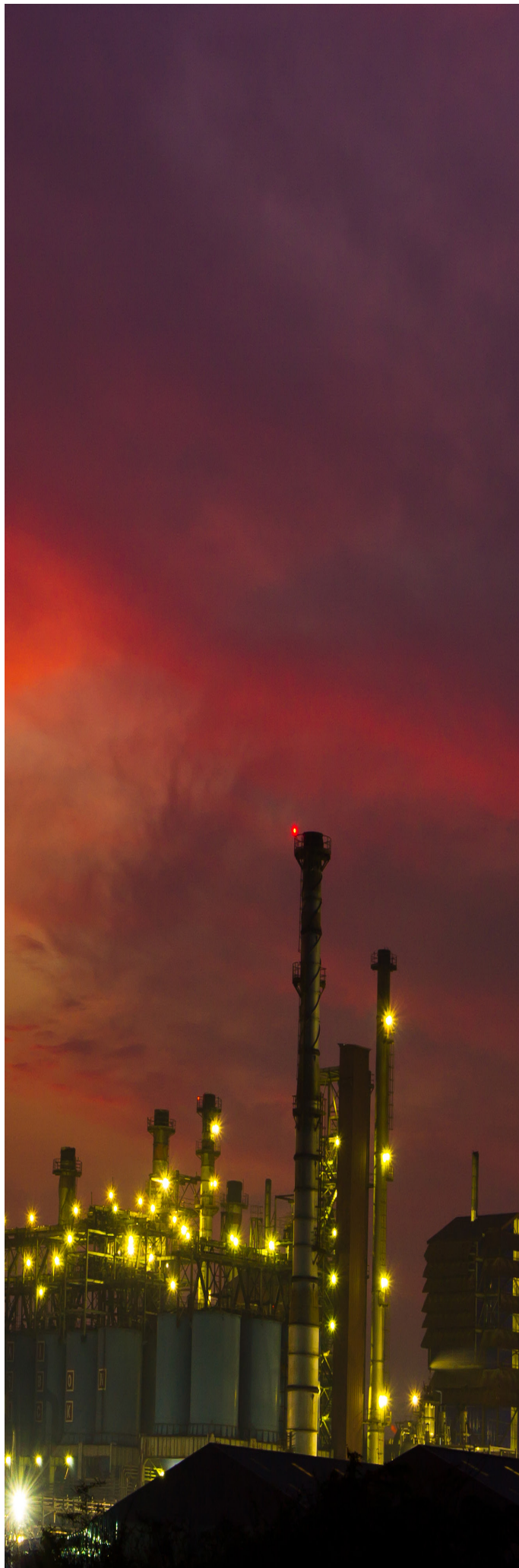
Denna rapport utgör ett slutligt arbetsmanuskript för det rubricerade projektet.

Den officiella projektrapporten, till vilken referens bör ske återfinns på RISE:S hemsida:

"Systemperspektiv på industriell brandsäkerhet - en studie av organisering och användbarhet i brandskyddet"

[www.ri.se](http://www.ri.se)

### BRANDFORSK 2019:2



# Abstract

## **Systems perspective on industrial fire safety - a study on fire safety organization and usability**

Industrial fires are associated with many challenges and potentially large consequences for life, environment and property. The SEBRA project aimed to investigate preconditions for a well-functioning fire safety system, applying a systems perspective on work and safety. Three main themes were explored through field work on Swedish industrial workplaces; (1) How do operations and the staff interact with fire safety installations in everyday work, (2) What is the main focus of fire safety design, how is it conducted and how do the end results affect fire safety and (3) What are the success factors behind positive outcomes from incidents where the personnel alone has dealt with fires.

During the course of operations conflicts may occur between production and fire safety solutions e.g. fire doors, detectors, alarm systems and procedures, sometimes to the point where fire protective routines or installations are bypassed. A common answer to such issues is to strengthen administrative barriers such as rules, safety information and training. However, in an industrial organization where resources are already strained, even more checks and routines will only run the risk of aggravating the problem at hand.

When an industrial building is constructed there are no processes or methods that can protect user needs in the design of fire protection. In construction, the main incitement is to minimize cost. When user adaptation is disregarded, costs are effectively transferred to the operational stage in the forms of more inefficient production and lower safety levels.

The industry needs to develop ways of understanding and incorporating long-term operative needs in short-term construction projects, so that fire protection can be more closely fitted to the circumstances and demands of operative personnel.

**Key words:** Industrial fire safety, resilience, fire safety management, human centered design, human factors, usability

RISE Research Institutes of Sweden AB

RISE Rapport : 2019:56

ISBN: 978-91-88907-83-7

Lund

# Innehåll

<b>Abstract</b> .....	<b>1</b>
<b>Innehåll</b> .....	<b>2</b>
<b>Sammanfattning</b> .....	<b>4</b>
<b>1 Inledning</b> .....	<b>5</b>
1.1 Bakgrund .....	5
1.2 Syfte .....	5
1.3 Mål .....	5
<b>2 Metod</b> .....	<b>6</b>
2.1.1 Problembeskrivning och inramning.....	6
2.1.2 Forskningsfrågor .....	7
2.1.3 Urval av studieobjekt .....	8
2.1.4 Litteraturstudie .....	9
2.1.5 Intervjuer och platsbesök .....	9
2.1.6 Analys.....	9
2.2 Handbok.....	10
2.3 Metoddiskussion.....	10
2.3.1 Brandsäkerhet som studieobjekt .....	10
2.3.2 Urval och företagskontakter .....	11
2.3.3 Litteraturstudie .....	11
<b>3 Forskningsläget</b> .....	<b>12</b>
3.1 Säkerhetsforskningen då och nu.....	12
3.2 Resiliens .....	12
3.2.1 Definition och tolkning .....	12
3.2.2 Resiliens och riskanalys.....	13
3.3 Litteraturstudie brandsäkerhet .....	14
3.3.1 Människans roll i brandsäkerhet .....	14
3.3.2 Ett systemperspektiv på brandsäkerhet .....	15
3.3.3 Brandsäkerhet och Säkerhetsledning .....	15
3.3.4 Brandkonsultens roll.....	16
3.3.5 Alternativa arbetsätt i dimensionering .....	17
3.3.6 Människan vid inträffad brand .....	18
<b>4 Industriellt brandskydd idag</b> .....	<b>19</b>
4.1 Utformning och ändringar .....	19
4.1.1 Lagstiftning .....	19
4.1.2 Roller.....	19
4.1.3 Syn på användning.....	20



4.2	Driftfasen.....	20
4.2.1	Lagstiftning.....	20
4.2.2	Kunskap och utbildning.....	21
4.2.3	Konflikter i vardagen .....	21
4.3	Inträffad brand.....	22
<b>5</b>	<b>Analys .....</b>	<b>23</b>
5.1	Utformning av brandskydd .....	23
5.1.1	Fokus och drivkrafter.....	23
5.1.2	Barriärer mot användarbehov.....	24
5.2	Drifttid .....	24
5.2.1	Kompensation för konflikter med brandskydd.....	24
5.2.2	Säkerhetsledningens inriktning .....	26
5.2.3	Yrkeskunnande och kunskap om brand .....	27
5.3	Hantering av inträffad brand .....	27
5.3.1	Framgångsfaktorer.....	27
5.3.2	Utmaningar .....	29
<b>6</b>	<b>Diskussion .....</b>	<b>31</b>
6.1	Brandskyddet minskar över tid .....	31
6.2	Dagens fokus i säkerhetsarbete .....	32
6.3	Vägar framåt.....	32
6.4	Industrins operativa förmåga .....	33
<b>7</b>	<b>Slutsats .....</b>	<b>34</b>
<b>8</b>	<b>Referenser .....</b>	<b>35</b>

# Sammanfattning

Bränder i industrin kan innebära svåra utmaningar och stora konsekvenser för både liv, miljö och egendom. Rapporten beskriver arbetet i och resultatet av projektet SEBRA, finansierat av BrandForsk. Projekt SEBRA syftade till att studera förutsättningarna för ett välfungerande brandskydd utifrån ett systemperspektiv på arbete och säkerhet. Inriktningen för projektet var att förstå människans positiva bidrag till brandsäkerheten och hur det kan understödjas. Tre huvudsakliga teman utforskades genom fältarbete i den svenska industrin; (1) hur produktionen och personalen samverkar med brandskyddslösningen i vanlig vardag, (2) hur och med vad i fokus brandskyddet utformas och hur det i sin tur påverkar brandsäkerheten samt (3) framgångsfaktorer vid inträffade bränder.

Under drifttiden uppstår det konflikter mellan industriproduktionen och brandskyddet, vilket kan leda till att brandskyddet kopplas ur, vilket i sin tur leder till en lägre säkerhetsnivå över tid. En vanlig lösning för att attackera sådan problematik är utökad information och utbildning. Ännu en rutin eller ännu ett krav riskerar dock att ta ännu mer av industriföretagets ändliga resurser i anspråk, vilket istället ökar risken för att verksamheten hittar vägar runt kraven. Istället behöver industrin få processer och metoder för att bättre förstå verkliga flöden och utmaningar i produktionsmiljön, så att tekniken kan anpassas bättre till förutsättningarna. Det skulle kunna leda till ett mer användbart brandskydd, vilket i sin tur skulle göra brandskyddet mer hållbart.

För att hantera en verklig brand aktiveras ett sammansatt system av organisation, människor och teknik. Formellt brandsäkerhetsarbete fokuserar främst på byggnadsteknik, regelefterlevnad och brandtekniska installationer, vilket innebär att stora delar av framgångsfaktorerna vid en brand osynliggörs. De aspekter som osynliggörs är ofta kopplade till personalens yrkeskunnande, erfarenhet, anpassningsförmåga, samverkan och kreativitet, egenskaper som är essentiella för resiliens. Studien har visat att kombination av kunskap om industriprocessen och kunskap om brand och brandsläckning vital. Det är en utmaning att upprätthålla sådan kunskap i och med ökad automatisering, vilket leder till att medarbetarna förflyttas längre från processen och tappar process- och anläggningskännedom. Främjandet av resilienta egenskaper sker långsiktigt, organisatoriskt och strukturellt och innefattar genomtänkt design av arbete och artefakter som teknik och procedurer utifrån verkliga utmaningar i verkligt arbete, stärkandet av samverkan internt och externt samt ett organisatoriskt lärande som inte adderar nya rutiner och krav, utan istället designar om förutsättningarna.

I byggprocessen finns inga etablerade processer eller metoder som säkerställer att slutanvändarens behov beaktas vid utformningen av brandskyddet. Byggprojektets incitament är att hålla nere byggkostnaden, vilket gör att kostnader i form av inskränkt produktion och lägre säkerhetsnivå förskjuts till drifttiden. Industrin skulle behöva kompletterande arbetssätt för att betrakta och analysera den långsiktiga drifttiden i kortsiktiga förändringsprojekt.

# 1 Inledning

Aktuell rapport beskriver arbetet inom och resultatet av projekt SEBRA, Systeminriktat Erfarenhetsarbete för industriell BRAndsäkerhet.

Projekt SEBRA finansierades av BrandForsk.

## 1.1 Bakgrund

I Sverige inträffar ungefär 10 % av bränderna i byggnad i industrin och statistik från MSB visar att antalet insatser i industrin ligger jämnt från år till år (MSB, 2012). Samtidigt sker också en mängd incidenter varje år som hanteras inom industriorganisationerna och som därför inte syns i MSB:s statistik.

Projektets utgångspunkt var att utifrån ett systemperspektiv identifiera vad som ger en lyckosam hantering av brandincidenter i industrin samt att lära av det. Projektet tog avstamp i den utveckling om skett inom säkerhetsforskningen de senaste decennierna.

## 1.2 Syfte

Projektets övergripande syfte var att bidra till att bryta platån i statistiken över industribränder, dels med hjälp av kunskaper från inträffade händelser, dels genom att lägga grunden för ett systematiskt angreppssätt för utvecklingen av industribrandskydd.

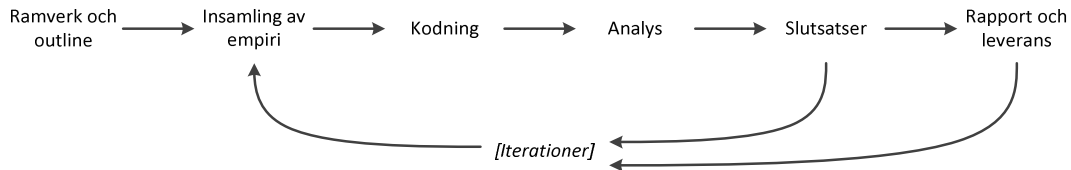
## 1.3 Mål

Målet med projektet var:

- Ge värdefull input till industriaktörerna själva, men också till lagstiftare, tillsynsmyndigheter, brandskyddsprojektörer och intresseorganisationer.
- Skapa förutsättningar för bättre underlag för dimensionering, projektering, drift, tillsyn och utveckling av industriellt brandskydd, genom komplettering med organisatoriska och mänskliga aspekter av brandskyddsarbete.
- Brandsäkerhetslösningar som bättre matchar produktionens behov, som bättre harmonierar med verksamheten och användarna, vilket ger en säkrare helhetslösning.
- Ny kunskap om operativa förmågor hos den industriella organisationen och hur dessa kan främjas.
- Skapa arbetssätt som ger aktörerna möjlighet att främja resilienta förmågor.

## 2 Metod

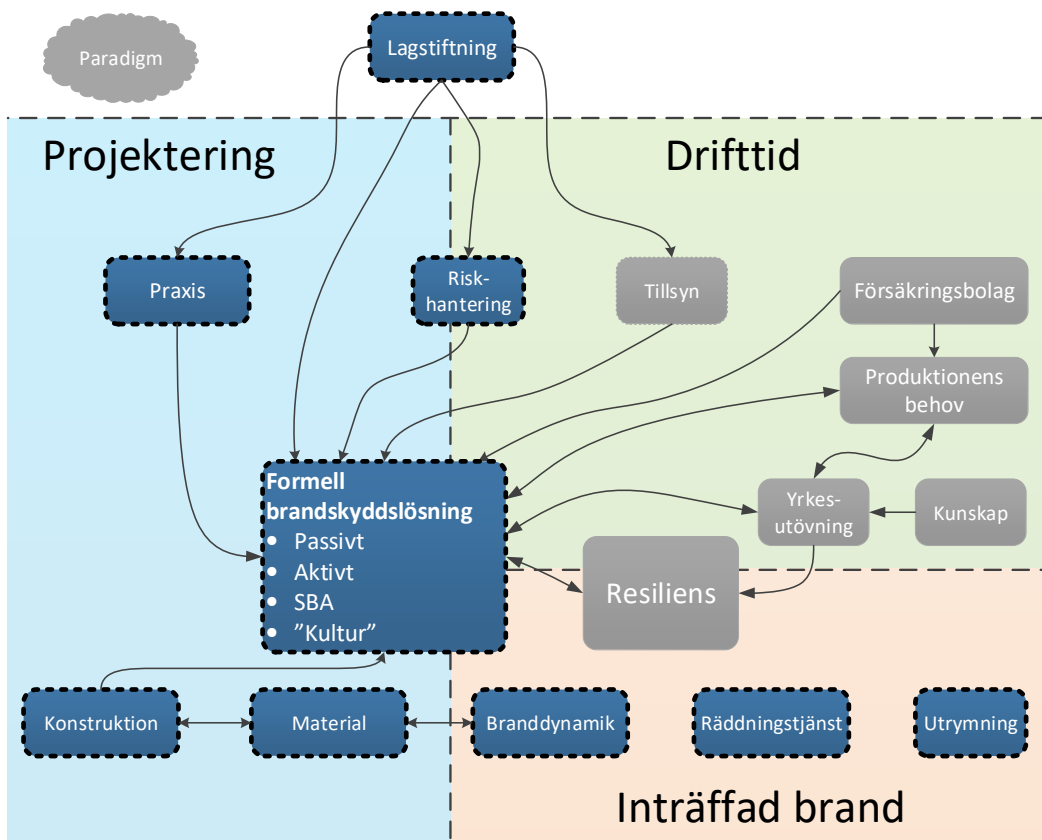
Eftersom projektets omfattning är mycket begränsad i relation till att fenomenen bör undersökas kvalitativt, är studien fördefinierad. Med detta menas att studiens teoretiska utgångspunkt sammanfattades innan studien startade. Projekt SEBRA tar avstamp i en tidigare studies ramverk (Bram, Degerman, Melkunaite, Urth, & Carreira, 2016), vilket tillåter en mer deduktiv ansats. Arbetsgången och analyssekvensen var iterativ och illustreras i Figur 1.



Figur 1. Arbetsgång och analyssekvens i SEBRA

### 2.1.1 Problembeskrivning och inramning

Faktorer, fenomen och aktiviteter som påverkar industribrandsäkerheten (som i sin tur består av aktivt, passivt, manuellt och organisatoriskt brandskydd) illustrerades i Figur 2 och Figur 3.

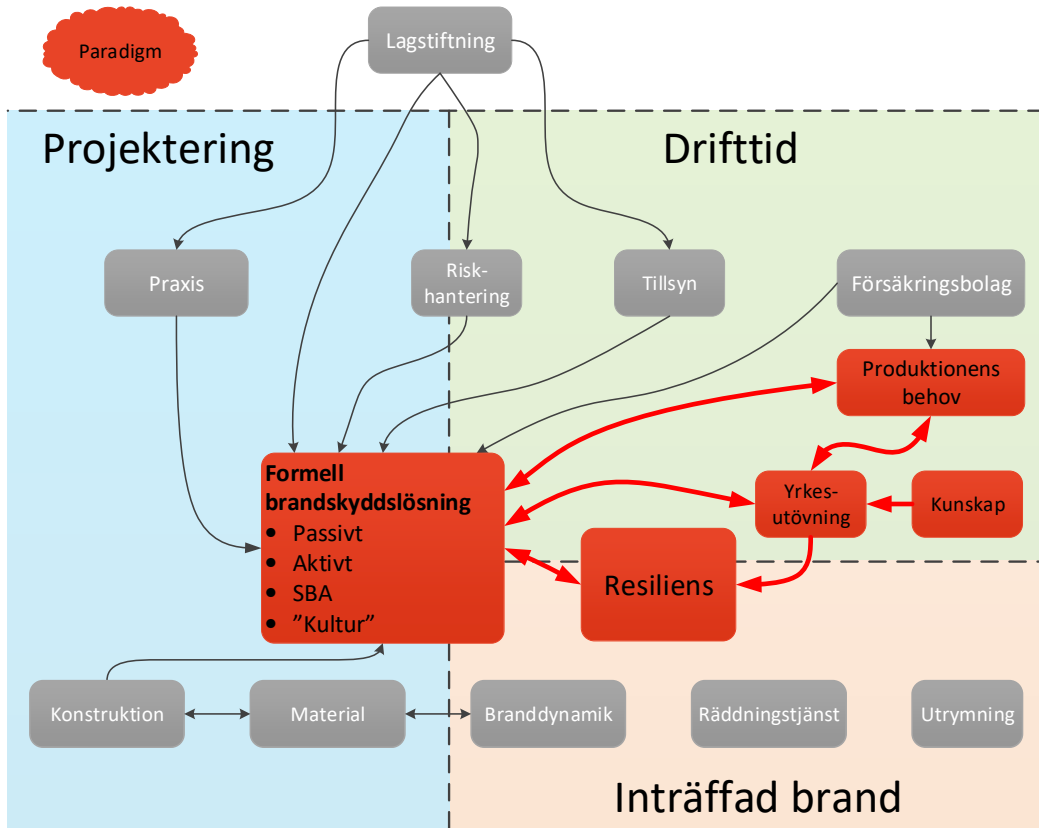


Figur 2. Brandsäkerhet i industrin. De blå fälten är de områden brandforskningen särskilt fokuserar på.



SEBRAs fokus var ett tvärvetenskapligt perspektiv på de delar som traditionellt inte berörs i brandforskningen. I Figur 3 är dessa markerade med rött.

Projektet var avgränsat från de delar av brandsäkerhetsområdet som redan är väl beforskat samt de strikt byggnadstekniska och installationstekniska perspektiven. Fokus blev istället de delar som traditionellt osynliggörs i säkerhetsledning och brandskydd; produktionen och personalen samverkar med brandskyddslösningen i vanlig vardag, hur och med vad i fokus brandskyddet utformas och hur det i sin tur påverkar brandsäkerheten.



Figur 3. Brandsäkerhet i industrin. De röda fälten är de som studien särskilt fokuserade på.

## 2.1.2 Forskningsfrågor

Projekt SEBRAS forskningsfrågor var:

1. Utifrån vilka konceptuella tolkningar bedrivs brandsäkerhetsarbete?
2. Hur påverkar de konceptuella ramarna utformningen av brandskyddet?
3. Hur ser samspelet ut mellan produktionens behov och brandsäkerheten?
4. Hur kan förutsättningarna för brandskyddet förbättras?
5. Hur, var och när skapas och manifesteras resilienta förmågor?
6. Hur kan resilienta förmågor i brandskyddet främjas?

### 2.1.3 Urval av studieobjekt

Utifrån forskningsfrågorna skapades en outline för att effektivisera och driva platsbesök, observationer och intervjuer.

**Nyckelpersoner:** säkerhets-/brandsäkerhetsansvarig, medarbetare, mellancheff, beslutsfattare i industriorganisationen, projektör (brandkonsult), räddningstjänst

**Nyckelhändelser:** dimensionering, projektering, normaldrift, underhåll, förändringsprojekt, inträffad brand

**Core processes:** Fokus i beslutsfattande om brandskyddslösning, gapet mellan brandskyddslösningen respektive resilienta förmågor, användbarhet i utformningen, bakomliggande tolkningar, synen på människan/användaren

1. Förutsättningar i kontexten
  - a. Samhällelig och branschspecifik kontext
    - i. Grundvalar
    - ii. Lagstiftning
    - iii. Forskning
  - b. Dimensionering och projektering
    - i. Fokus och drivkrafter
    - ii. Roller
    - iii. Syn på användning
    - iv. Syn på drifttid
  - c. Industriarbetsplatsen
    - i. Brandrisker
    - ii. Industriarbetsplatsens karaktär
    - iii. Fokus och drivkrafter
    - iv. Syn på användning
    - v. Yrkeskunnande
2. Brandskyddslösningen i drifttid
  - a. Roller
  - b. Kunskaper
  - c. Fokus och drivkrafter
  - d. Konflikter i vardagen
  - e. Ändringar
  - f. Inträffad brand
3. Resilienta förmågor
  - a. Identifiering av risk och brand
  - b. Hantering av brandincident
    - i. Adaptivitet
    - ii. Samarbete och samverkan
  - c. Lärande
    - i. Fokus och drivkrafter

MSB har i sammanställningen "räddningstjänst i siffor" (MSB, 2012) presenterat de industri typer med flest insatser per antal taxeringsenheter. I projektet kontaktades representanter från industri typerna utifrån MSBs kategorisering; metall/maskin, textil/beklädnad, trä och livsmedel.

Studien avgränsades från kärnkraft och kemi/process, då dessa industrityper har branschspecifika krav och lösningar. Högriskindustrier är dessutom redan väl beforskade inom säkerhetsforskningen.

Det var viktigt att få en geografisk spridning och representanter från både stad och landsbygd samt olika storlek på industrier.

### 2.1.4 Litteraturstudie

Projektgruppen har tidigare studerat resiliensbegreppet och resilienta egenskaper i en organisation (Bram et al., 2016). Litteratursökningen genomfördes därför mer specifikt kopplat till brandsäkerhet.

Följande nyckelord användes i olika kombinationer:

- industry
- industrial
- building
- fire safety
- fire fighting
- fire crew
- fire safety engineering
- design
- planning
- prevention
- extinguishing
- extinguishment
- competence
- initiative
- performance
- knowledge
- resilience
- Human Factors
- usability
- motivation

För sökträffarna genomlästes titel och abstract och anteckningar om relevanta partier fördes. Den litteratur som matchade projektets inriktning lästes i sin helhet. När sökningen var genomförd skapades en syntes av resultatet.

### 2.1.5 Intervjuer och platsbesök

Intervjuerna var semistrukturerade och följdfrågor ställdes. Intervjufrågorna var öppna. Den generella intervjuguiden anpassades till respektive intervju, eftersom informanterna hade olika roll och olika organisatorisk placering på företagen.

Noggranna intervjuanteckningar och fältanteckningar fördes vid varje industribesök. Vid vissa besök spelades intervjun in på diktafon. Ibland var miljön sådan att det inte var möjligt att varken anteckna eller spela in, till exempel vid rundvandringar. Då har anteckningar skrivits i efterhand.

Citat och fenomen från anteckningar sorterades in under avsnitt i outline. Utifrån detta utkristalliserades analysystemen.

### 2.1.6 Analys

Empirin sorterades ytterligare utifrån tre övergripande faser:

- Utformning av brandskydd
- Drifttid
- Inträffad brand

Meningskodning genererade teman för vidare analys:

- Utformning av brandskydd
  - Fokus och drivkrafter
  - Barriärer mot användarbehov
- Drifttid
  - Kompensation för konflikter med brandskydd
  - Säkerhetsledningens inriktning
  - Yrkeskunnande och brandsäkerhet
- Hantering av inträffad brand
  - Framgångsfaktorer och utmaningar

Analysen tog formen av ett iterativt arbete där empiri kopplades mot teori. När sorteringen av empirin var tillfredsställande omvandlades underlaget till löptext.

## 2.2 Handbok

Ursprunglig ambition i SEBRA var att utforma en handbok. Del 1 skulle innehålla ett kompletterat arbetssätt för att utforma, drifva, lära sig av och hantera brandsäkerhet ur ett systemperspektiv och verksamhetsperspektiv, genom t.ex. fakta, problembeskrivningar, metoder, modeller, processer, praktiska övningar, instruktioner, verktyg, utbildningar eller beslutsstöd. Del 2 skulle innehålla erfarenheter från brandincidenter som gått bra.

Under projektets gång kunde det konstateras att en handbok sannolikt inte är bästa format i dagsläget. Brandsäkerhetsbranschen är relativt hårt styrd av lagstiftning och den utveckling som skett inom säkerhetsforskningen har inte påverkat brandsäkerhet. Handboken omformades till att bli ett mindre omfattande material som kan fungera som en första introduktion till industrin.

## 2.3 Metoddiskussion

### 2.3.1 Brandsäkerhet som studieobjekt

Studiens utgångspunkt var att applicera det redan väl beforskade begreppet resiliens på industriell brandsäkerhet. Brandsäkerhet betraktades som en avgränsad del inom det övergripande säkerhetsområdet. Det visade sig dock att brandsäkerhetsområdet ofta är avgränsat övrigt säkerhetsarbete. Det är särskilda personer som professionellt ägnar sig åt brandsäkerhet, det är ett eget forskningsområde med liten anknytning till resten av säkerhetsprofessionen och säkerhetsforskningen. Brandsäkerhetsområdet är hårdare styrt än personsäkerhet, då det även handlar om detaljkrav för skydd av egendom och byggnad.

Resultaten visar dock att många av de koncept som gäller för processäkerhet och arbetsmiljö också kan användas för att resonera kring brandsäkerhet och att skiljelinjen mellan brand och personsäkerhet inte behöver vara så skarp som den ibland är i industriella organisationer. Vissa av studiens resultat är generaliserbara till det övergripande säkerhetsarbetet, medan vissa resultat är specifika för just brandsäkerhet.

### 2.3.2 Urval och företagskontakter

Inom projektet var det stundtals svårt att rekrytera industriföretag. I första hand var det större industrier som hade tid och möjlighet att ställa upp. Flera mindre industrier ville gärna delta, men var tvungna att avböja på grund av att de inte hade tid. I mindre industrier finns ofta ingen särskild person som är brandsäkerhetsansvarig, utan det läggs som en extra arbetsuppgift på en annan funktion som till exempel produktionschef eller VD. Projektet har därför främst studerat större industrier.

En brist i studien är att vi inte fått tillgång till beslutsfattare på högre nivå. Vi såg även att intresset var litet för att inkludera övriga roller vid sidan om brandsäkerhetsprofessionen och produktionen. I projektet är det av vikt att undersöka hur beslutsfattande om teknik och arbetsprocess går till i förhållande till människors och produktionens behov. Varför dessa roller inte velat delta i studien har inte kunnat undersökas vidare inom projektets ramar.

Sammanfattningsvis finns det risk för att insamlad data har en vridning mot större organisationer, organisationer som känner sig trygga i sitt säkerhetsarbete och sådana som har en tillräckliga förutsättningar för att kunna bidra till forskning.

### 2.3.3 Litteraturstudie

Litteraturstudien var utmanande i den mån att existerande litteratur inte matchar projektets inriktning. Det finns spår i litteraturen av forskning kring användbarhet, Human Factors/MTO i brandprojektering, men mycket lite verkar ha omsatts i applicerade projekt och studier. När det gäller forskning på operativa förmågor gäller den absoluta merparten av all litteratur professionella eller semiprofessionella utövare som brandmän eller industribrandkår, varför det inte är enkelt att generalisera till vanlig industripersonal. När industripersonal berörs är det nästan uteslutande i forskning riktad mot evakuering. Slutligen finns det gott om litteratur kring användbarhet och arbetsplatsergonomi, men just den möjliga konflikten mellan brandtekniska installationer och det vanliga arbetet är ytterst lite beforskad. Utmaningarna med litteraturstudien har lett till att forskningsunderlaget är begränsat, men i huvudsak betraktas det som ett tecken på att det finns stora framtida forskningsbehov.

## 3 Forskningsläget

Avsnittet sammanfattar säkerhetsforskningen idag, studiens tolkning av resiliens, hur resiliens relaterar till traditionellt säkerhetsarbete samt resultat av litteraturstudien kring brandsäkerhet i industrin.

### 3.1 Säkerhetsforskningen då och nu

Säkerhetsforskningen som disciplin utvecklades i samband med industrialiseringen, framväxten av försäkringsbolag och drivkraften att förstå varför olyckor uppkommer. Den tidiga säkerhetsforskningen uppstod ur dåtidens organisationsteori och Taylor (1911), men har under 1900-talet utvecklats som ett eget fält. Säkerhet har kommit att betraktas som något sprunget ur människans felaktiga beteende (Heinrich, 1931), resultatet av ett energiöverskott där lösningen är att bygga barriärer (Gibson, 1961 med vidareutveckling av Haddon, 1980), resultatet av psykologiska processer hos individen (Reason, 1990) respektive förväntade och naturliga konsekvenser av interaktioner i komplexa system (Perrow, 1984).

Under 90-talet utvecklades ett nytt systemperspektiv på säkerhet (Hollnagel & Woods, 2005; Leveson, 2004; Rasmussen, 1997). Systemperspektivet innebär ett skifte i hur säkerhet betraktas och säkerhet har kommit att gå från *frånvaro av fel* till *närvaro av rätt* (Hollnagel, 2013). Inom dagens systeminriktade säkerhetsforskning förutsätts att komplexitet är inneboende i alla naturliga fenomen (Hutchins, 1995), vilket gör att en organisation alltid kan förvänta sig oförutsägbara variationer. För att hantera överraskningarna krävs adaptivitet hos organisationen och medarbetarna. Den här förmågan till anpassning och transformationen kallas ibland resiliens.

### 3.2 Resiliens

#### 3.2.1 Definition och tolkning

Resiliens har blivit ett populärt begrepp som används i flera olika fält och discipliner. Begreppet definieras och tolkas också olika. Woods (2015) lyfter fram fyra olika grupperingar av definitioner av resiliens; (1) resiliens som att återgå till ursprungsläget efter en störning, (2) resiliens som robusthet, (3) resiliens som förmågan att motstå en påfrestning samt (4) resiliens som förmågan att fortsätta systemets anpassning i takt med att omständigheter och förutsättningar förändras.

Att återgå till systemets jämviktsläge är ett vanligt sätt att betrakta och definiera resiliens. Synsättet innebär dock problem (Walby, 2007). Anpassning till nya omständigheter förändrar alltid ett system, vilket utmanar tanken om jämviktsläget. Dessutom är frågan om ett statistiskt förutsägbart jämviktsläge är eftersträfvansvärt. Ett system behöver ständigt utvecklas, en oförmåga att anpassa sig skulle snarare göra systemet sårbart och ineffektivt. Resiliens som robusthet kan också problematiseras. Robusthet byggs för de scenarier som kunnat förutses. I verkligheten inträffar det en mängd oförutsedda överraskningar, positiva som negativa, som systemet behöver hantera. Systemet har inte oändliga resurser utan måste prioritera insatserna. När barriärer byggs och robustheten ökar för vissa delar av systemet, kan andra delar av systemet blir mer sårbara.



Projekt SEBRA tog avstamp i Woods (2015) fjärde tolkning. Utgångsläget har varit att resiliens är förmågan att upprätthålla funktionalitet trots varierande förutsättningar och förhållanden, vilket i sin tur kräver en förmåga till anpassning. Hur förutsättningarna för anpassning ser ut är i sin tur beroende av hur systemets struktur och design ser ut. Människor behöver tillåtelse och förutsättningar för ett flexibelt och adaptivt agerande. Organisationen behöver känna till behoven, utmaningarna och möjligheterna och arbeta systematiskt för att understödja dessa operativa förmågor (Bram et al., 2016).

Forskning har visat på egenskaper hos organisationer som skapar en grogrund för resilienta förmågor (Woods, Leveson, & Hollnagel, 2012). En sådan organisation omtolkar hela tiden situationen och letar prestigelöst efter nya överraskningar. De arbetar i stor grad med att undersöka vad genomförda beslut fick för effekt på produktionens övriga mål och är inte rädda för att designa om, om det visade sig vara fel. De har en rörlig och föränderlig hierarki där rätt kompetens framhävs i rätt ögonblick. Organisationen förutsätter att de inte kan veta allt och förbereder sig alltid på att behöva vara adaptiv igen. Operativ personal och ledningspersonal delar samma bild om behov, möjligheter och svårigheter (Hollnagel, 2015). Att sudda ut skillnaderna mellan hur arbete fungerar i verkligheten och hur högre beslutande ledningsnivåer tror att arbete fungerar är en viktig förutsättning för att kunna bygga upp den resilienta förmågan i en organisation (E Hollnagel, Nemeth, & Dekker, 2008). Organisationen arbetar aktivt med att lära av sina operativa förmågor. Organisatorisk resiliens ger möjlighet att systematiskt och strukturerat lära av det som går bra, istället för att enbart fokusera på att minimera risker.

Forskning visar att det finns stor utvecklingspotential när det gäller förutsättningar för resilienta beteenden i industrin (Righi, Saurin, & Wachs, 2015). De resilienta förmågorna behöver brytas ner till tydligare indikatorer kring vad verksamheten ska leta efter och främja. Organisationen behöver förstå hur detta kan göras genom applicerade arbetssätt, processer, verktyg och beslutsstöd.

### 3.2.2 Resiliens och riskanalys

Probabilistisk riskanalys dominerar säkerhets- och brandriskprofessionen. Metoder som händelse- och felträd fokuserar på att främja tillförlitlighet i enskilda komponenter. I alla socio-tekniska system existerar dock de ingående komponenterna i ett sammanhang och helheten kan inte reduceras till summan av de ingående delarna (Hitchins, 1992). Riskforskningen utgår till stor del från *hur ofta* något sker, medan säkerhetsforskningen utgår från *varför* något sker (Antonsen, 2012). Ingenjörsvetenskapen har lagt mycket kraft på att öka tillförlitligheten hos enskilda komponenter och särskilt den tekniska dimensionen. Paradoxalt nog är det i det socio-tekniska systemets övriga dimensioner som orsaken till många olyckor finns.

Kritiken mot riskanalysmetodik hänger tätt samman med systemperspektivet på säkerhet. Leveson (2004) menar att trots att de ingående beräknade komponenterna är tillförlitliga, så behöver inte systemet som helhet vara säkert. Nya risker kan uppstå i interaktionerna mellan de till synes tillförlitliga komponenterna, särskilt i socio-tekniska system som industrin. Det är också möjligt för ett system att vara säkert, men otillförlitligt. Operatörer som inte följer procedurer anses inte tillförlitliga (Praino & Sharit, 2016), samtidigt händer det att procedurer är olämpliga under vissa omständigheter. Att operatörerna inte följer procedurerna i det läget förhindrar en olycka och gör systemet säkert (Dekker, 2001).

### 3.3 Litteraturstudie brandsäkerhet

Litteratursökningen genomfördes med fokus på brandsäkerhet generellt samt industriell brandsäkerhet specifikt. De huvudsakliga studieområdena var:

1. Användandet av kunskaper om slutanvändaren vid dimensionering och projektering av brandskydd
2. Människans roll vid brandincidenter

Resultaten visar på flera forskningsgap både vad gäller (1) strukturer och metoder för att anpassa brandskyddet till slutanvändarens behov samt (2) betydelsen av brandinsatser från personer som inte är brandmän.

Det kan konstateras att brandforsningen, vid sidan om branddynamik, är starkt kopplad till utrymning och kvantitativ riskbedömning. Den mesta av forskningen utgår från att det börjar brinna eller redan brinner, inte så mycket den vanliga vardagen, när brandskyddet ska interagera med produktionens övriga behov.

Resultatet av litteraturstudien bekräftar också gapen som postulerades i studiens problembeskrivning och inramning; relationen mellan brandskyddslösningar och produktionens behov, relationen mellan brandskyddsarbete och yrkeskunnande, kopplingen mellan resiliens och de gängse arbetsformerna för brandskydd, samt kopplingen mellan resiliens vid brandincidenter och yrkeskunnande, är beforskat i liten utsträckning.

#### 3.3.1 Människans roll i brandsäkerhet

Människans aktiva roll relaterat brandsäkerhet behandlas främst i forskning som undersöker räddningstjänst och i viss mån industribrandkår. I den mån andra personer i brandmiljön beforskas rör det sig i allmänhet om t.ex. boende i sina hemmiljöer eller besökare i offentliga miljöer. I de fallen handlar forskningen nästan uteslutande om evakuering. Vid en brand betraktas utrymning som det mest centrala, vilket bland annat framgår i en sammanställning av bidrag till konferensen "Human Behaviour in Fire" som genomförts av Interscience Communications (2013).

Modelleringsverktyg som används för att förutse evakueringsmönster likställer mänskliga flöden med flöden i fysiska system, vilket är ytterligare exempel på reducering av dynamiken hos människans agerande (Kobes, Helsloot, de Vries, & Post, 2010). Även om finessen hos modelleringsverktygen ständigt ökar, ger de fortfarande en starkt förenklad bild av mänskligt agerande (Gehandler, Ingason, Lönnermark, Frantzich, & Strömgren, 2014). I verkligheten, menar Groner (1996), beror hela säkerhetssystemets prestanda på människors fysiska och kognitiva prestationer, vilka i sin tur beror mycket på kontexten.

Idag framhäver säkerhetsforskningen att människan är ett positivt bidrag till säkerheten, speciellt i miljöer som är dynamiska och delvis oförutsägbara (Wilson, 2014). Inom brandsäkerhet finns det dock fortfarande många exempel på ett synsätt på människan som en risk mot ett annars idealt system.

Vid utformningen av brandskydd i byggprocessen fattas beslut som kommer påverka människorna i den slutgiltiga verksamheten under lång tid. Forskning som framhäver

betydelsen av Human Factors<sup>1</sup> (Hollnagel, 2014) för brandsäkerhet är ovanlig och där den förekommer erbjuder den ofta bara ett utvidgat perspektiv på evakuering, såsom larmtolkning, informationshantering eller vägval (Groner, 2006; Meacham, 1999).

### 3.3.2 Ett systemperspektiv på brandsäkerhet

För att brandsäkerhetsforskningen ska nå en ny utvecklingsnivå menar bland andra Santos-Reyes och Beard (2001) att ett systemperspektiv behöver appliceras. Arbetet ska inte bara inriktas mot isolerade säkerhetsfunktioner, utan måste också innefatta samspelet mellan olika funktioner och främja hela systemets prestanda. En brand orsakas i regel inte av enskilda tekniska eller mänskliga orsaker (Beard & Santos-Reyes, 2003). Istället beror de flesta olyckor på ett samspel mellan den tekniska miljön, människan och organisationen som de är en del av. På samma sätt menar Gehandler (2017) att varken perspektiv som sätter tekniken eller människan i centrum för säkerhetsarbetet är kompletta, utan design för säkerhet bör utgå från både människor och teknik. För en byggnad betyder ett systemperspektiv att flytta uppmärksamheten från byggnadens funktioner till de aktiviteter som användarna kommer utföra och som byggnaden behöver understödja (Attaianese & Duca, 2012).

Att betrakta olika aspekter av säkerhet som delar av samma system har också konsekvenser för organiseringen av industrins säkerhetsarbete. Beard och Santos-Reyes (2003) och Chen et al. (2015) menar att den ofta strikta uppdelningen av säkerhetsledningens olika funktioner bör ifrågasättas och att det skulle finnas stora vinster med att överbrygga gränserna mellan arbetsmiljö, processsäkerhet och brandsäkerhet. Att genomdriva ett systemperspektiv på säkerhet kräver emellertid särskild kompetens, i synnerhet kunskaper om Human Factors och de egenskaper hos människan som är relevanta för säkerheten (Mearns, 2017). Human Factors-perspektiv betyder i regel arbetsnära undersökningar och deltagande aktiviteter (Norros, 2014) och forskare beskriver också just en stor grad av delaktighet och samhörighet hos de anställda som några av de främsta kännetecknen hos välfungerande säkerhetsledningssystem (Beard & Santos-Reyes, 2003; Fredholm, Petterson, & Kecklund, 2008).

### 3.3.3 Brandsäkerhet och Säkerhetsledning

Trots att det finns många gemensamma nämnare mellan generellt säkerhetsarbete och brandsäkerhetsarbete behandlas områdena ofta som skilda aktiviteter. Brandsäkerhetsarbetet sker ofta utan hänsyn till verksamheten som helhet, t.ex. effektivitet eller arbetsmiljö (Beard & Santos-Reyes, 2003). Brandsäkerhet betraktas mer som en fastighetsfråga än som en fråga för övergripande processsäkerhet (Wehmeier & Mitropetros, 2016). Precis som för traditionell säkerhetsledning (Besnard & Hollnagel, 2014) har forskning visat på reaktiva drag i typiskt brandsäkerhetsarbete. Nya säkerhetsåtgärder genomförs oftast bara som en följd av inträffade incidenter, utan någon analys av deras påverkan på arbetsplatsen som helhet (Penton, Reynolds, & Fisher-Morris, 2013). Liksom i allt säkerhetsarbete tenderar också industrin att förknippa Human Factors och användarcentrerade åtgärder med ökade kostnader, trots att väl genomförd design allmänt betraktas som det bästa sättet att förhindra processolyckor (Mearns, 2017).

---

<sup>1</sup> Studiet av hur människans egenskaper påverkar funktionaliteten i ett system, i Sverige ofta kallat MTO (sambandet mellan Människa-Teknik-Organisation)

Brandsäkerhetsledning delar också andra drag med traditionell säkerhetsledning. Precis som för process- eller arbetsmiljöolyckor är det vanligt att rädslan för skuldbeläggande minskar viljan att rapportera och bygga på erfarenheter (Penton et al., 2013). I brandsäkerhetsarbetet, precis som i det övriga säkerhetsarbetet, betraktas människan till stor del som en källa till fel. Människans beteende ska styras genom utbildning, träning och procedurer, vilket till exempel återspeglas i det systematiska brandskyddsarbetet (SRVFS 2004:3). Föreskriften gör förvisso en distinktion mellan tekniska och organisatoriska åtgärder i brandskyddsarbetet, men de flesta av de tekniska åtgärder som omnämns har i själva verket starka kopplingar till användaren (både i vardag och vid en brand) och begränsar också organisatoriska orsaker till traditionell styrning (ansvarsfördelning, utbildning, information, övningar, instruktioner och rutiner, service och underhåll, kontrollplaner och dokumenthantering).

Det finns exempel på tidigare svensk forskning kring människans roll i brandsäkerhet, till exempel rapporten ”Riskanalysmodell för utvärdering av mänskliga och organisatoriska faktorer inverkan på byggnaders brandskydd” (Andersson, Andersson, Ardenmark, & Svensson, 2002). Fokus i rapporten är huvudsakligen hur mänskliga tillkortakommanden kan utmana olika brandsäkerhetsbarriärer, utifrån en uppsättning av bedömningsområden (t.ex. ledarskap, kompetens, konstruktion/design, arbetsförhållanden), inte vilka egenskaper hos organisationen som stärker mänskliga förmågor. Bedömningsområdena är också generellt definierade, de har ingen uppenbar tillämpning för brandsäkerhet, något som författarna också själva nämner. Metoden erbjuder inget sätt att analysera brandsäkerhet i förhållande till den vardagliga verksamheten på arbetsplatsen. Då denna interaktion inte brukar förknippas med uppenbara risker beaktas det inte vid riskanalysarbetet.

En annan Brandforsk-rapport (Fredholm et al., 2008) beskriver en lång rad organisatoriska framgångsfaktorer för brandsäkerhetsarbete, men många av dem (t.ex. ledningens engagemang och ledarstil, delaktighet, säkerhetsmedvetenhet, samverkan, erfarenhetsåterföring och lärande) har ett mycket stort tolkningsutrymme och återfinns normalt i alla organisationer som har ett kvalitets- och säkerhetsledningssystem. Rapporten är huvudsakligen beteendeorienterad, det vill säga att den företräder ett perspektiv där säkerhet uppnås genom att medarbetaren följer gällande regler och rutiner. Beskrivningen av framgångsfaktorer vilar nästan uteslutande på det perspektivet, trots att det sedan länge finns en omfattande kritik mot tolkningsgrunderna i traditionell säkerhetsledning.

### 3.3.4 Brandkonsultens roll

I jämförelse med andra ingenjörscienser, menar Woodrow, Bisby & Toreno (2013), är brandsäkerhet fortfarande en relativt ung vetenskap och ett förhållandevis litet område, som ofta är isolerat från stora delar av designprocessen i ett byggprojekt. Interaktionen mellan brandprojektören och andra aktörer har ofta brister vilket ökar risken för att brandsäkerhet läggs som ett lager utanpå andra designkoncept, istället för att bli en del av en sammanhållen optimering av byggnaden (Woodrow et al., 2013). Det kan i sin tur göra att brandsäkerhetskrav upplevs som ett hinder för andra designmål som materialval, energieffektivitet, hållbarhet eller stil (Maluk, Woodrow, & Torero, 2017). Samtidigt menar till exempel Gehandler (2017) att brandsäkerhetsfältet är konservativt och lägger stor vikt vid befäst praktik, med lite ifrågasättande av förhärskande förklaringsmodeller. Ett exempel på förenklade förklaringar gäller enligt Groner (1996) människan och människans roll i förhållande till brandsäkerheten. För en person med teknisk

bakgrund kan det verka rimligt att representera människor på samma sätt som fysiska system när brandrisker modelleras. Det perspektivet verkar också återspeglas i de vanligaste arbetssätten vid brandskyddsdimensionering.

Brandrisikanalys genomförs huvudsakligen i tre steg (Gehandler, 2017), först identifiering och beskrivning av brandrisker, sedan utvärdering av lämpliga skyddsstrategier och slutligen kostnadseffektiva lösningar. Fokus på brandrisker och brandscenarion kan emellertid leda till för stora begränsningar. Brandkonsulten förväntas ofta bara bekräfta att valda lösningar är tillräckliga, inte informera designprocessen under hela byggprocessen (Bjelland, Njå, Heskestad, & Braut, 2015). Diskussioner under dimensioneringen handlar i regel inte om hur övergripande säkerhetsmål ska uppfyllas utan mer om hur den valda lösningen kan bli tillräckligt bra för att uppfylla föreskrifterna. Det finns vanligtvis ingen drivkraft mot att maximera brandsäkerheten i den mening att lösningen är en avvägning mellan kravuppfyllnad, ekonomisk hänsyn och andra aspekter av byggnaden (Gehandler, 2017).

Till skillnad från designaspekter som har direkt att göra med den dagliga driften är brandskyddet riktat mot händelser som i regel är ovanliga, vilket kan leda till att området underskattas. Brandsäkerhet är inte lika tätt kopplat till kundens upplevelse av hur miljö fungerar som t.ex. akustik eller klimat (Bullock & Monaghan, 2014).

Fokus på risker och brandscenarion under dimensioneringen medför också ytterligare begränsningar. Det är vanligt att verkliga brandincidenter inte följer händelseförloppet hos de brandscenarier som används vid dimensionering (Groner, 1996). När slutanvändaren reduceras till subjekt utan mål och drivkrafter bortom evakuering, kan riskanalyserna ge en inkorrekt bild av verkligheten (Meacham, 1999).

Ett område som även forskningen sällan verkar beröra är mänskliga behov och förutsättningar bortom evakuering, till exempel hur väl brandtekniska installationer fungerar praktiskt i samspel med industrimedarbetarna, i den dagliga driften av den färdiga byggnaden. De flesta brandsäkerhetsåtgärder är inriktade mot att minska konsekvenserna av en brand istället för att förebygga uppkomsten, vilket Gehandler (2017) kopplar till det faktum att brandsäkerhetskrav i regel förutsätter att en brand redan har utbrutit.

### 3.3.5 Alternativa arbetssätt i dimensionering

Gehandler (2017) ställer frågan om hur brandsäkerhet kan riktas mer mot behoven hos slutanvändaren av den byggda miljön och hur brand kan bli en del av en kreativ designprocess vid nybyggnation. Nyckeln, enligt författaren, är att göra brandsäkerhet till en relevant fråga för flera olika intressenter och till ett försäljningsargument på fastighetsmarknaden. Att föra in Human Factors tidigt i ett utvecklingsarbete kan spara tid och förebygga senare kostsamma ombyggnationer (Johnsen, Kilskar, & Fossum, 2017).

Brandsäkerhetsarbete behöver inkludera många olika discipliner. Brandsäkerhetsansvarig under drift måste både förhålla sig till människors aktiviteter, kunskaper, föreställningar, sociala interaktioner, kultur, säkerhetsklimat, reglering och organisatoriska frågor (Borg & Njå, 2013; Spinardi, 2016). Samma förhållande gäller enligt Maluk et al (2017) för projektering. Visionen är en brandsäkerhetsdesigner som arbetar holistiskt, som aktivt deltar i strävan efter en ”bättre” byggnad (estetiskt, ekonomiskt, miljömässigt eller socialt) och som ingår i diskussioner genom hela designprocessen. Målet ska vara att utforma den säkraste möjliga byggnaden givet begränsningar som förs in av andra

discipliner. Woodrow et al (2013) ser den här typen av interaktion som nyckeln till en fortsatt utveckling av brandingenjörsciensdisciplinen och ett likställande med andra ingenjörsciensdiscipliner.

Brandskyddsdimensionering skulle kunna vara en kreativ process med en intensiv dialog kring problem och lösningar (2017). Målet med design, menar Groner (1996), är inte att förutse alla möjliga användningsscenario. Istället ska designern göra det möjligt för användaren att uppnå sina mål på ett flexibelt och naturligt sätt. Genom att gynna människans förmåga till anpassning, menar Groner, kan man bemöta den osäkerhet som alltid finns kring en inträffad brand. För att möjliggöra ett mer holistiskt arbetssätt krävs också att den typiska brandingenjörskompetensen vidgas, till exempel mot designvetenskap och systemisk säkerhet (Bjelland et al., 2015). Med mer avancerade metoder för att analysera och konstruera brandskydd kommer också ett ansvar för att förstå och tillgodose människans egenskaper och roll i brandsäkerheten.

Även för brandskydd under drift finns en stor utvecklingspotential när det gäller integreringen av olika kompetenser (Chen et al., 2015; Milke, 2016), även om området inte är lika beforskat. Chen et al. (2015) menar att industrin behöver söka aktivt efter sätt att föra samman personer som arbetar med processsäkerhet, brandsäkerhet och arbetsmiljö, så att konflikter mellan olika säkerhetsmål kan minimeras.

### 3.3.6 Människan vid inträffad brand

Medan exempelvis analytisk dimensionering av brandskydd vilar tungt på scenarion kan verklighetens industribränder ha en utveckling som är svår att förutse (Groner, 1996). Turligt nog, påpekar Groner, försöker de flesta människor alltid anpassa sig till brandförloppet. De söker information och försöker tolka den för att tillgodose både sina egna syften och andras, och de kan agera framgångsrikt även i brandscenarion som inte har förutsetts under designstadiet.

Mydin (2014) argumenterar för att människans avsikter och mål vid en inträffad brand behöver framhävas mer. Det betyder i sin tur att vi också behöver förstå de egenskaper hos omgivningen som påverkar hennes förmåga att samla information, tolka brandförloppet och agera. Eftersom människor (undantaget brandmän) i regel inte förväntas ha en aktiv roll i brandförloppet har för lite forskning riktats mot vad som kan understödja deras situationsmedvetenhet och handlingsförmåga. Groner Groner (1996) benämner därför människor som den mest underutnyttjade säkerhetsfunktionen vid en brand.

En människas förutsättningar för situationsmedvetenhet och handling beror också starkt på hennes erfarenhet och kunskaper om både bränder och brandkontexten (Beard & Santos-Reyes, 2003), kunskaper som ofta kan gå bortom föreskrivna regler och procedurer. Det betyder att en allt för stark formalisering av säkerheten på arbetsplatsen ibland kan undergräva säkerheten eftersom det kan hämma människans innovationsförmåga och intuitiva tänkande (Penton et al., 2013).



## 4 Industriellt brandskydd idag

Avsnittet sammanfattar det empiriska underlaget utifrån faserna:

- Utformning och ändringar
- Drifttid
- Inträffad brand

### 4.1 Utformning och ändringar

#### 4.1.1 Lagstiftning

I dimensioneringen av en byggnads brandskydd är det framförallt Boverkets byggregler samt specifika bestämmelser om utformning av brandlarm, sprinkler och hantering av brandfarliga varor som appliceras.

**Boverkets Byggregler (BFS 2011:6) avsnitt 5 - Brandskydd** är föreskrifter och allmänna råd som uppfyller plan- och bygglagen och plan- och byggförordningen. BBR gäller vid byggnation som är bygglovs- eller anmälningspliktig. BBR5 anger hur byggnadens skydd mot brändes uppkomst och spridning ska utformas, i relation till den verksamhet som pågår där. Kraven för en industribyggnad är relativt begränsade jämfört med andra verksamheter, det blir oftast BBR som avgör nivån på brandskyddet.

En byggnad kan dimensioneras förenklat enligt förutbestämda regler i de allmänna råden, eller analytiskt. I analytisk dimensionering uppfylls kraven på ett alternativt sätt, vilket ofta visas genom att simuleringar av ett representativt brandscenarios konsekvenser jämförs med simulerad tid för utrymning.

#### 4.1.2 Roller

Utformningen av brandskyddet i byggprojekt följer den svenska byggprocessen. Ofta initieras ett formellt byggprojekt med en byggprojektledare och kompetenser som arkitekt, konstruktör, VVS, el och brand. Det är vanligt att anlita en brandkonsult för att dimensionera brandskyddet.

Brandkonsultens brandskyddsdocumentation följer olika faser i byggprocessen. I brandskyddsdocumentationen krävs funktioner för byggnadsdelar och tekniska installationer, till exempel att de ska upprätthålla integritet vid brand en viss tid eller att en viss detektortyp ska användas. Det är sedan upp till övriga kompetenser inom byggprojektet att detaljprojektera utifrån kraven. Efter byggtiden genomförs en besiktning av brandskyddet. Det finns ingen reglering av besiktningsförfaranden. Konsulten som projekterade brandskyddslösningen kan också utföra slutbesiktning. Det ökar sannolikheten att konsultens bedömning påverkas, särskilt om en pådrivande roll i byggprojektet samtidigt är konsultens beställare.

Under drifttiden har många större industrier brandkompetens anställd, som ofta får en aktiv roll i förändringsprojekt. Intervjuade beskriver att kvaliteten på slutprodukten är beroende av deras deltagande och det är oftast projektavdelningen ansvar att bjuda in. En industri berättar att de utformat en checklista för att få in brand och säkerhet i tid i projektet. Det är olika vart i organisationen brandkompetensen sitter, vilket också

påverkar hur de involveras. I någon industri sitter brandkompetens på fastighetsavdelningen, då involveras de inte lika ofta i inköp och ändringar som inte kräver ombyggnad. När brandsäkerhetsansvariga organisatoriskt sitter i driftorganisationen verkar möjligheten att få kännedom om ändringsprojekt och påverka dessa vara större.

Brandkonsulter är särskilt koncentrerade till storstadsområden, medan det är brist på landsbygd och i glesbygd. Här kan istället räddningstjänsten spela en större rådgivande roll för industrin. I storstäder är kontakten med räddningstjänsten snarare formell genom tillsyn och förelägganden. Räddningstjänsten får inte formellt agera rådgivare för en brandskyddslösning de sedan utför tillsyn för, men i särskilt mindre orter handlar det snarare om en dialog där den kompetens som finns utnyttjas.

### 4.1.3 Syn på användning

På konsultsidan är det personberoende hur konsulten ser på det sammanhang som brandskyddslösningen ska existera i. Erfarenhet ger större insikter i hur lösningar fungerar i verkligheten, t.ex. branddörrar som ställs upp på kil i stora flöden eller hur felaktig detektorplacering kan medföra fellarm och därför på sikt kopplas ur. Konsultens roll är dock bara rådgivande utöver lagkraven och byggherren kan ha en ekonomisk horisont som inte sträcker sig till drifttiden. En möjlig konsekvens av att byggprojektledares incitament är byggbudget och inte driftbudget, är att lösningarna som skulle passa drifttiden bättre, t.ex. att dörrar i brandcellsgräns med stort flöde ställs upp på magnet, väljs bort till förmån för billigare alternativ.

I de större industrierna hanteras inköp av nya maskiner eller införande av nya processer ofta också i projektform. Ingen intervjuad industri har varit med om att utvärdera lösningar för brandsäkerhet innan de införs. Möjligen beror det på att det är lagkravsstyrt och att mycket installeras innan byggnaden sätts i drift.

## 4.2 Driftfasen

### 4.2.1 Lagstiftning

När en byggnad väl driftas styr annan lagstiftning än vid dimensioneringen. **Lag (2003:778) om skydd mot olyckor** behandlar kommuners ansvar och räddningstjänst, men reglerar också att den som nyttjar eller äger byggnader och anläggningar ska tillhandahålla skälig släckutrustning och möjlighet att livrädda vid brand. Om verksamheten hanterar farliga ämnen ska en särskild redogörelse skickas in till kommunen. Verksamheten är skyldig att analysera riskerna. I ett allmänt råd (SRVFS 2004:3) beskrivs Systematiskt Brandskyddsarbete (SBA) som alla ägare till byggnader och alla ansvariga för verksamheter inuti byggnaden, är skyldiga att bedriva.

**Det systematiska brandskyddsarbetets** omfattning anpassas till verksamhetens storlek. I de allmänna råden går att läsa att åtgärder för att minska risken för uppkomst av brand och skador till följd av brand kan vara tekniska eller organisatoriska. I praktiken ligger stort fokus på kontroll av tekniska installationer och byggnadstekniska åtgärder, t.ex. status på släckutrustning, funktion hos utrymningsskyltar, dörrar och tätning i brandcellsgräns. Detta exemplifieras också i checklista i slutet av de allmänna råden. I samma checklisteform sammanfattas exempel på organisatoriska åtgärder;

ansvarsfördelning, utbildning, information, övningar, instruktioner och rutiner, service och underhåll, samt kontrollplaner och dokumenthantering.

**Arbetsmiljölagen (1977:1160)** anger att arbetsgivaren ska vidta åtgärder för att förebygga att arbetstagaren utsätts för skada och ohälsa. Arbetsmiljölagen säger att betryggande skyddsåtgärder skall vidtas mot exempelvis brand. I praktiken styr dock arbetsmiljölagen främst det övergripande säkerhetsarbetet, inte brandsäkerhetsarbetet.

## 4.2.2 Kunskap och utbildning

I samtliga intervjuade industrier förekommer brandsäkerhetsutbildning, men med skiftande omfattning och frekvens. Samtliga intervjuade industrier berättar om strategier för att öka kunskaperna och hur utbildningarna och åtgärderna ska fungera bättre i praktiken. En industri har infört storgruppsutbildningar årligen, medan en annan har storgruppsutbildning vart fjärde år och istället kompletterar med korta vardagliga samtal över en kopp kaffe. Samtalen kan handla om varför en regel finns och om brandriskerna. En tredje industri tycker att de formella utbildningarna är för teoretiska och vill ersätta dem med handgripliga utbildningar ute i produktionen.

En industri utbildar en stor andel av personalen i heta arbeten, medan en annan industri har gått ifrån det. De vill minimera eget ”fixande” som var vanligt förr och istället skicka tillbaka felaktiga delar till tidigare produktionssteg. Hur stort behovet är för heta arbeten beror naturligtvis på industrityp. De industrier där öppen låga förekommer i produktionen behöver utbildningen i högre grad.

På de industrier som har industribrandkår är industribrandmännen ofta uppskattade i skiftlaget, då de har fördjupad kunskap om brand.

## 4.2.3 Konflikter i vardagen

Särskilt de större industrierna beskriver konflikter mellan brandsäkerhetslösningen och produktionens behov. De vanligaste konflikterna är att brandsäkerhetslösningarna inte matchar produktionens flöden, till exempel att branddörrar som måste stängas stör stora flöden för personer eller truck. Då riskerar dörren att hamna på kil. De intervjuade industrierna nämner också falsklarm, som ofta beror på att fel detektortyp är installerad i just den miljön, olämplig detektorplacering eller slitage. En industri hade en period med tre falsklarm per dag. Vid varje larm stoppades maskiner, gasflaskor sattes i säkerhet och byggnaden utrymdes. Proceduren blev väldigt tidskrävande. En industri hade ett filter till en maskin som brann ofta. Under flera år fick industribrandkåren göra flera insatser för att släcka filtret och stå beredda med släckutrustning vid filterbyte. Problem som uppstår kan också röra sig om felfungerande maskinella släcksystem som stör arbetet och därför kopplas ur.

Industrierna berättar också om krav som försvårar förutsättningar för arbetet, till exempel ökade krav på mer städning för att minska brandrisken, men där städutrustning inte placerades ut i lokalerna. Det medförde att städningen blev orimligt tidskrävande då utrustningen behövde letas upp och flyttas runt i fabriken.

Vid ändringar och ombyggnation kan det hända att projektorganisationen inför tillfälliga lösningar som brandskyddsansvarig inte anser säkra. En industri tar upp ett exempel med stora brännbara presenningar som användes för avskiljning av ett byggområde i

produktionshallen. Det krävdes många och bra argument för att byta ut dem mot flamsäkrade avskiljningar. Det krävdes också att brandskyddsansvarig presenterade ett färdigt förslag med en prislapp.

### 4.3 Inträffad brand

De flesta intervjuade industrirepresentanter kunde berätta om en eller flera inträffade brandincidenter som de antingen hanterat själva eller som räddningstjänsten släckt. I industrierna med få allvarliga risker är inte erfarenheterna lika stora som i industrier med öppen låga, hög värme, mycket damm eller maskinell utrustning som slits i tuffa miljöer och sedan börjar brinna. I produktionsdelar där brand är vanligt nämns att framgångsfaktorerna är medarbetarnas tidigare erfarenhet, att de känner till produktionsprocessen bra.

I de flesta fall när industrierna berättar om hanteringen av inträffad brand nämns att framgångsfaktorn var egen personal som reagerade snabbt, eller industribrandkåren släckte. En industri tar upp vikten av att lära personalen att de ska agera snabbt och göra åtminstone någonting, en annan industri nämner att de inte är nöjda med personalens släckteknik som anses ineffektiv och släckmedelskrävande.

Svårigheter som nämns är hur personalen ska informeras vid en brand. Vanligtvis är ryktesspridningen snabb och hanterandet kritiserar ibland efteråt. En industri vill jobba mer med kommunikationsvägar och hur rätt information ska nå ut i rätt tid.

## 5 Analys

Intervjuerna ger en bild av en dimensioneringsprocess där tekniska system har högst prioritet, där det finns relativt snäva ramar för utformningen av brandskyddet och där samspelet mellan brandkonsulten och övriga parter stundtals är begränsat. Detta kan leda till en färdig brandskyddslösning vars fokus inte alltid matchar industrins behov. Brukaren måste ofta kompensera icke-optimal utformning av brandskyddet under drifttid, något som sällan blir helt tillfredsställande.

### 5.1 Utformning av brandskydd

Både litteraturen inom brandsäkerhet (t.ex. Gehandler, 2017; Groner, 1996; Maluk et al., 2017) och empiri som samlats in i SEBRA stödjer bilden att slutanvändaren för en byggnad inte har någon given företrädare under dimensionering och byggfas. Att brandskyddet på pappret uppfyller alla lagkrav gör det svårt för industriorganisationen att ställa krav på att brandskyddet inte ska försvåra det dagliga arbetet.

#### 5.1.1 Fokus och drivkrafter

Branschen är relativt liten med få bidrag från andra fält. Inom övrigt säkerhetsarbete arbetar personer med olika bakgrund och erfarenhet, men inom brandsäkerhet arbetar i huvudsak brandingenjörer eller personer med Skydd mot Olyckor-utbildning från MSBs räddningsskolor. I Sverige utexamineras brandingenjörer från två lärosäten och utbildarna kan själva ha utbildats vid samma utbildning. Brandingenjörsutbildningen är också så pass ung att den inte hunnit genomgå omvälvande förändringar (Meacham, 2014).

Dimensioneringen av brandskydd är till stor del styrd av lagstiftning och regelverk. Det sker ofta en optimering mot det som mäts och följs upp (Power, 1999) och det är lättare att påvisa uppfyllnad av lagkrav än att påvisa brukarorganisationens och dess medarbetares arbetsmiljö. Intervjuade berättade hur lagstiftning inom ett område bidrar med säkerhetshöjning just där. En organisation berättade att ATEX-direktivet åtgärdat EX-risker som är betydligt mildare än andra risker i produktionen. Produktionsriskerna blir inte åtgärdade eftersom det saknas en så kraftfull argumentation som lagstiftning.

I dimensionering av brandskydd blir fokus en inträffad brand och tekniska installationer, inte vardagens integrering mellan brandskyddslösningen och produktionen. Dimensioneringen som rör människan fokuserar huvudsakligen på evakuering, det vill säga bara på en liten del av människans och organisationens interaktion med brandskyddet.

Försäkringsbolagens krav spelar ofta en stor roll för åtgärder av de större industriernas brandskydd. Empirin visar att flera brandsäkerhetsansvariga utvecklat strategier för att förhandla med försäkringsbolagen, som de menar inte alltid ställer krav som harmonierar med förutsättningarna. Mycket tid och kraft går åt till att svara upp mot krav och ibland förklara förhållandena på plats. När den förhandlingen inte äger rum finns det risk för att lösningar införs som inte medför en reell säkerhetshöjning, som inkräktar på produktionen och som dessutom tar upp en stor del av budgeten.

## 5.1.2 Barriärer mot användarbehov

En intervjuad brandkonsult säger att så länge brandskyddet uppfyller lagkrav kan inte brandkonsulten kravställa att lösningen ska vara bättre anpassad till produktionens flöden och behov. Sådana lösningar kan kosta mer för byggprojektet och det är beställaren eller byggherren som avgör, inte brandkonsulten. Byggherren saknar i stort incitament för ett brandskydd med hög användbarhet. Byggprojektledarens prestationen mäts i projektbudget, inte funktionalitet under drift. Drifttidens problem är inte heller lika uppenbara som andra designbrister och resulterar inte i lika många klagomål. De pengar som sparas på att minimera graden av anpassning i byggprocessen förskjuts dock istället till driftstadiet.

I brandingenjörsutbildningarna ingår valbara MTO-kurser och den systemorienterade forskningen som efterlyste just det här systemperspektivet på brandsäkerhet är 20 år gammal (t.ex. Groner, 1996; Meacham, 1999). Trots detta verkar inte kunskaper om samspillet mellan människor och teknik ha integrerats och applicerats i branschen. Det verkar saknas kunskaper hos brandkonsulter, byggprojektledare och industrin om hur tekniska lösningar kan integreras bättre med verksamheten. Rent objektivt kan dock ett MTO-perspektiv leda till stora vinster i drifttid för en relativt begränsad insats under byggtid (Mearns, 2017).

En ytterligare barriär mot att inkludera användarbehov kan vara den organisatoriska placeringen av brandkompetensen. I de industrier där brandsäkerhetskompetensen sitter på fastighetsavdelningen blir kopplingen till driftens ändringar mindre. En industri berättar att när ett inköpsprojekt gjort ändringar i byggnaden på grund av en ny maskin så nådde inte detta brandsäkerhetsansvarig. Delar av litteraturen menar att det löpande brandskyddsarbetet skulle kunna integreras tätare med arbetsmiljö- och processsäkerhetsarbete. Att göra så skulle teoretiskt kunna ge de strukturella förutsättningarna för att hantera brister i anläggningen systematiskt och visa på samband mellan olika typer av säkerhet. Samtidigt kräver den sortens säkerhetsarbete en god förståelse av arbetets praktik och förutsättningar, något som oftast inte finns ens i strikt organiserat säkerhetsarbete (Almklov, Rosness, & Størkersen, 2014).

Det saknas också metoder för att förstå produktionens utmaningar i byggprocessen. Verksamhetsrepresentanten bär med sig tyst kunskap som är svår att formulera, många utmaningar och drivkrafter kan inte förmedlas explicit. Eraut (2000) menar att förstågan att berätta om tyst kunskap är något som organisationen kan öva upp och att omvandling av tyst kunskap till explicit kunskap bör uppmanas och underlättas inom industriorganisationen.

## 5.2 Drifttid

### 5.2.1 Kompensation för konflikter med brandskydd

Brandskyddsansvarig respektive industrimedarbetaren upplever olika konflikter i vardagen på grund av att deras fokus är olika. Därför kompenserar de för dessa konflikter på olika sätt. Utifrån industriorganisationens perspektiv kommer produktionen först och skyddsåtgärder kan inskränka snabb produktion. Utifrån brandsäkerhetsansvarigs



perspektiv kommer skyddsnivån först och drivkrafter att producera snabbt kan inskränka brandskyddet.

I vissa undersökta industrimiljöer förekommer det nästan dagligen konflikter mellan produktionens behov och brandtekniska installationer. Eftersom det finns hinder för att beakta relationen mellan brandskydd och industriverksamhet under dimensioneringen är det upp till industriorganisationen att kompensera för de problem som uppstår. Eftersom resurser som tid, pengar, information, material, verktyg och personal alltid är begränsade, kommer det ske avvägningar mellan effektivitet och grundlighet i arbete (Hollnagel, 2009). När teknik introduceras till ett sammanhang ändrar det hur människor arbetar i miljön. Det händer därför att den tekniska installationen manipuleras av människor, för att bättre passa in med utmaningar i just den kontexten (Dekker & Woods, 2002). Att brandtekniska installationer som stör produktionen kopplas ur eller att byggnadstekniska lösningar som stör flöden manipuleras är alltså förväntat, däremot inte sagt att det är önskvärt. Ett viktigt utgångsläge för att åtgärda problemet är dock att betrakta fenomenet som lokalt rationellt, vilket ger en drivkraft att designa om tekniken efter kontextens förutsättningar.

Flera intervjuade vittnar om att identifierade brister vanligtvis hanteras genom införandet av ytterligare regler och procedurer, istället för att grundproblemet åtgärdas, en åtgärd som är vanlig i säkerhetsarbete (Almklov et al., 2014). Även hos en intervjuad organisation vars brandskyddsarbete är långt framskridet har det förekommit att nya administrativa brandskyddsregler instiftats utan förutsättningar för att realisera dem, till exempel utökade städkrav utan lättillgänglig städutrustning. Resultatet blev att kravet var för tidskrävande att uppfylla så länge produktionskraven kvarstod och därför uteblev städningen. Resurserna är fortfarande ändliga och införandet av resurskrävande rutiner kommer sannolikt inte förbättra situationen när produktionens drivkrafter är starka. Samtidigt verkar det saknas metoder för att hantera brister i säkerheten på något annat sätt än att införa en ny procedur eller regel, åtgärder som kan försvaga förutsättningarna för resilienta egenskaper (Woods, 2006).

Från brandsäkerhetsperspektiv blir det upp till brandsäkerhetsansvarige att upptäcka avvikelser, förhandla om hanteringen och föreslå lösningar. Att stå emot pressen från produktionen är inte alltid enkelt. En intervjuad menar att det kräver solida kunskaper, både om brandrisker och produktionen, såväl som en personlig styrka. Dessutom krävs olika typer av personliga egenskaper beroende på vilken del av industriorganisationen den brandskyddsansvarige möter. I dialog med produktionspersonal verkar kombinationen av brandkompetens och en förståelse för produktionens utmaningar vara nyckeln till framgång, samt att interaktionen anpassas till produktionspersonalens tillgängliga tid. Hellre ett kort möte över en kaffe än heldagskonferenser med övernattnings. Här handlar det om att kunna konkretisera sig i termer av incidenter, möjliga konsekvenser av att försämra brandskyddet, brandteknik och inte minst att kunna föreslå konstruktiva lösningar som tillgodoser båda parter. Vid förhandling med beslutsfattare krävs främst argument kopplade till kostnad, där presentation av ett färdigt alternativt förslag verkar vara nyckeln. Strategin att ständigt hantera individuella problem med individuella lösningar sätter press på den brandskyddsansvarige över tid.

## 5.2.2 Säkerhetsledningens inriktning

Resultaten från projektets intervjustudie återspeglar till stor del de problem som forskningen kring säkerhetsledning beskriver (Besnard & Hollnagel, 2014). Industriarbete genomförs ofta i en utmanande och föränderlig miljö där det inte sällan finns hinder för ett fullgott och tillfredsställande arbete. I den här miljön balanserar personalen många olika mål och värden (Hollnagel, 2009), till exempel produktionstakt och säkerhet. Säkerhetsåtgärder drivs ofta huvudsakligen av inträffade händelser och det är inte ovanligt att individer på arbetsplatsen skylls för fel som egentligen har andra ursprung. Ofta görs inga djupare utredningar av orsakerna bakom en incident. Åtgärderna cirkulerar vanligen kring regler och procedurer (Hale & Borys, 2013). Om drivkraften och det medarbetarna bedöms utifrån är hur väl de följer fördefinierade scenarier kan strategier för att undvika att bli utpekad som syndabock skapas (Hood, 2007).

Logiken bakom det gängse arbetssättet för säkerhetsledning beskrivs i forskningen; att risker är förutsägbara, att människans bidrag till säkerhet huvudsakligen är negativt och att säkerhet, som en konsekvens, uppnås genom en strikt styrning av arbetet (Besnard & Hollnagel, 2014). Paradoxalt nog ger flera intervjupersoner exempel på situationer där samma styrning och barriärtänkande kan undergräva säkerheten, till exempel genom att mängden säkerhetsregler blir oöverskådlig eller där ett maskinskydd gör maskinen mer svåränvänd och medför nya risker.

De goda exemplen verkar kännetecknas av att det finns personer i ledande position, både formellt och informellt, som själva förstår den möjliga konflikten mellan säkerhetsmål och produktionsmål. De försöker jämkla mellan mål och skapa goda förutsättningar överlag, men ger också stor prioritet till att skapa förutsättningar för säkerheten. Ofta är det brandskyddsansvarig som driver frågan, men den verkliga genomslagskraften verkar betingas av många olika saker, till exempel personens erfarenhet, sociala position och yrkesposition.

Skiljelinjen mellan uppfattningarna hos personalen respektive ledningen verkar vara mindre hos de småindustrier som inkluderats i studien. När det finns en ständig kontakt och jämställd dialog mellan högre ledning och personalen på arbetsgolvet verkar det vara ovanligare att säkerhetsarbetet får en orealistisk eller till och med kontraproduktiv inriktning. I de större industrierna är avståndet, både fysiskt och funktionellt, större mellan produktionsmedarbetare och beslutsfattare och gapet mellan verkliga utmaningar i arbete respektive bilden av dessa hos beslutsfattare (Hollnagel, 2015) blir mer framträdande.

Det finns också exempel bland de intervjuade organisationerna där traditionella säkerhetsledningskoncept har varit konstruktiva. En av de mindre industrierna har nyligen infört ett typiskt säkerhetsledningssystem med reglering, incidentrapportering och uppföljning, efter många år utan. Erfarenheterna hittills är nästan odelat positiva. Att börja utveckla säkerheten systematiskt har skapat dialog på arbetsplatsen och har riktat strålkastarljuset mot långvariga brister. När säkerhetsarbete en gång i tiden började systematiseras så minskade också olyckorna, men de senaste decenniernas utveckling mot proceduralisering och standardisering kan istället hämma resilienta egenskaper och därmed minska säkerheten i systemet (Almklov et al., 2014).

En annan industri visar på en alternativ tolkning av *säkerhetsmedvetenhet*, ett begrepp som annars används för att genom krav på personalen kompensera strukturella säkerhetsbrister på en arbetsplats (Dekker, 2007). Här har *medvetenhet* fått betydelsen direkt delaktighet och att samtliga nivåer ska förstå varandras utmaningar och förutsättningar. Personalen uppmuntras till att undersöka och förbättra arbetsmiljön, med en tydlig ekonomisk uppbackning när det krävs förändringar. Tolkningarna av begreppen i klassisk säkerhetsledning kan alltså vara olika och medför olika inriktning på arbetet.

### 5.2.3 Yrkeskunnande och kunskap om brand

Bilden som framträder är ett brandskydd som är starkt rotat i kontexten. De resurser som organisationen utnyttjar vid en brand begränsas inte till brandtekniska installationer eller organisatoriska rutiner. Istället är responsförmågan tätt sammanbunden med personalens yrkeskunskaper, anläggningskänedom, processkunskap, deras relationer inom och utanför organisationen och inte minst deras tidigare erfarenheter.

Arbetsmiljön formar på ett naturligt sätt individens kunnande och erfarenhet av bränder. På arbetsplatser där det ofta brinner bygger personalen helt enkelt upp mer kunskap. Kunskapen är inte bara isolerad till exempelvis släckutrustningens funktion, det är också en förståelse för vad branden betyder i sammanhanget, i en specifik maskin, i ett visst driftläge och hur brandutvecklingen kan förutspås utifrån många olika aspekter. Den här sortens kunskaper är ofta svår att beskriva i ord (Compton, 2013) och därför kan den vara svårt att föra över till personal utan praktisk erfarenhet, till exempel unga på arbetsplatsen som kommer direkt in i en högteknologisk arbetsmiljö. Förändringar i arbetsmiljön, till exempel utbyte av gamla maskiner, kan leda till färre brandincidenter, med samtidigt får personalen färre chanser att lära sig om bränder och brandsläckning.

En ökad automatisering av arbetsmoment kan också leda till minskad processkunskap, något som i längden kan försämra säkerheten (Endsley, 1996). När avståndet mellan personalen ökar och fler arbetsmoment automatiseras minskar både processförståelsen och den direkta kontakten med den fysiska produktionsmiljön, vilket kan undergräva både generella kompetenser och specifikt brandkompetens. Å andra sidan går det att se en normalisering av brandincidenter i de miljöer där det ofta brinner, vilket skulle kunna bidra till att skylla över strukturella problem och fördröja förbättringar i arbetsmiljön.

## 5.3 Hantering av inträffad brand

Flera av de intervjuade organisationerna berättar om inträffade bränder där de antingen släckt själva, eller varit tvungna att tillkalla räddningstjänsten. Nedan sammanfattas framgångsfaktorer respektive utmaningar från de inträffade bränderna. I sammanställningen finns exempel på adaptivitet, flexibilitet och kreativa problemlösningsförmåga, egenskaper som begreppet resiliens omfattar. Det ska poängteras att en stor del av de verkliga framgångsfaktorerna aldrig kan förmedlas i en intervjusituation. För en mer grundlig bild måste en industriorganisation observeras under både vardag och inträffad brand.

### 5.3.1 Framgångsfaktorer

De intervjuade organisationerna identifierar flera framgångsrika insatser från personalen, där de gjort snabba insatser, agerat snabbt och släckt i tid.

- Personalen kände röklukt innan detektorer aktiverade, kände röklukt på platser där det inte fanns detektorer, eller kände röklukt som spridit sig vidare från platser utan detektorer.
- Industribrandmän jobbade på kontoret när det började brinna inne i en vägg, de högg upp och släckte innan räddningstjänsten kom.
- Personalen höll branden i schack med handbrandsläckare tills räddningstjänsten kom. Det skapades logistik för att leverera byggnadens alla brandsläckare till brandplatsen.
- Kreativ användning av el-kompetens vid uppstådda problem, till exempel omkoppling av tekniska installationer då elförsörjning brutits eller om- och förbi-koppling av el-installation.
- Stab initierades

Ett antal framgångsfaktorer till kunskap och kompetens har identifierats.

- Industrin hade en industribrandkår. Djupare kunskap om brand sprids i deras skiftlag.
- Personalen i produktionsprocesser där bränder är vanliga är vana vid brandsläckning. De släckte själva. Industrin förlitar sig på deras initiativ.
- Brandskyddsansvariges påtryckningsförmåga och personliga kompetens och erfarenhet och har ofta varit betydelsefull.
- Tidigare erfarenhet av stabsarbete hos säkerhetsansvarig.
- Kombination av anläggningskännedom och kunskap om brand. Personalens värdering och bedömning av hur allvarlig situationen var, om de ska gå in i utrymmet eller låta dörren vara stängd och om de kunde släcka själva eller tillkalla hjälp från räddningstjänsten.
- Samarbetet mellan räddningstjänst och industri gav djup samlad kompetens om både anläggningen och brandens egenskaper.
- Kunskapsöverföring till räddningstjänsten. Räddningstjänsten behövde hjälp att förstå lokala förutsättningar. Det finns exempel på hur räddningstjänsten använt en för dom okänd släckmetod utifrån industrins upplysning.

Samverkan och samarbete var också en nyckel i hanterandet av bränder.

- Samverkan mellan och utnyttjande av olika kompetenser; el, mek, drift, säkerhetskoordinator och räddningstjänst. Ständig kommunikation mellan befäl, jourhavande kompetenser, räddningstjänsten och arbetsledare när brandbekämpningen pågick.
- Kännedom om vilken kompetens som behövdes när och vilken specifik person som kunde kontaktas.
- Reell flexibilitet avseende vilka medarbetare som hjälpte till, trots att det var oönskade tider och de egentligen var lediga.
- Uppföljning med räddningstjänsten efter branden. Fortsatt underhåll av externa relationer efter branden.

Under intervjuerna gavs också exempel på framgångsfaktorer kopplade till det efterföljande saneringsarbetet där industrins drivkrafter är ett så kort produktionsstopp som möjligt. Detta faller utanför ramarna för projektet, men är ändå intressant ur ett resiliensperspektiv.

- Tidig kontakt med restvärdesledare. Kunskap om vad det är, varför det behövs och hur en sådan kontaktas.
- Förändrade rutiner för snabb introduktionsutbildning av extern saneringspersonal efter branden. Utbildningen kortades ner och anpassades till situationen. Det fanns inte tid och resurser till den ordinarie utbildningen.
- Produktionspersonal vars maskiner stod stilla allokerades till saneringen, efter kort utbildning från saneringsfirmans personal.

### 5.3.2 Utmaningar

Nedan sammanfattas utmaningar som de intervjuade organisationerna förde fram.

Många utmaningar är kopplade till den okända situationen som en inträffad brand är:

- Okänd och ovanlig brandrisk, industrin visste inte hur den skulle hanteras.
- Rökluft som var svår att identifiera, inte självklart vart röken kom ifrån.
- Mycket nytt att sätta sig in i medan branden pågick.
- Upplevelse av kaos.
- Otydlig ledning.

Det har också inträffat en del tekniska utmaningar:

- Problem med brandtekniska installationer, främst brandgasspjäll som inte stänger.
- Elförsörjning och telefonnätet slogs ut.
- Sotet letade sig in överallt, även i utrymmen långt från branden. Stanken var påtaglig.
- Tillverkare testar utrustning enligt standard under kontrollerade förhållanden, men verklig industrimiljö sliter mer. Det uppstår bränder som tillverkarna inte förutsett.

En del utmaningar kan kopplas till kunskap och kompetens:

- Branden inträffade på helgen när nyckelkompetenser var lediga eller bortresta.
- Mindre räddningstjänst som har begränsad erfarenhet av ovanliga bränder.
- Personalen använde för mycket släckmedel och släckte inte effektivt.
- I takt med att man fått ner antalet bränder i produktionen minskar också kompetensen om hur de ska hanteras.

Intervjuade organisationer upplever också utmaningar relaterat information och media:

- Information till personal, vad, hur och när.
- Rykten spreds snabbt.
- Informationskanalerna som användes (internsida) är inte de kanalerna som mottagaren använder.
- Tidigt intresse från media, som bevakar SOS Alarm. Tidningar och TV visste att något hänt innan nyckelpersoner inom företaget fått information. Tidiga samtal kan vara från tidningar och TV.

Organisationerna har också upplevt utmaningar specifikt kopplade till insatsen:

- Personal fick rökskador när de släckte branden.

- Efter ett tag var det mycket folk på brandplatsen. Jourhavande ansvarig hade svårt att veta vilka alla var och vem de representerade.

## 6 Diskussion

Studien visar på en mängd utmaningar relaterat industriellt brandskydd:

- Det är ett stort tekniskt fokus samtidigt som tekniska installationer och byggnadstekniska lösningar kan införas med varierande anpassning till industriverksamhetens behov och flöden.
- Brandskyddet kan inskränka produktionens mål och behov i sådan grad att det riskerar att kopplas ur eller manipuleras, vilket i sin tur leder till lägre säkerhetsnivå över tid.
- De organisatoriska delarna av brandskydd avgränsas ofta till efterföljande underhållsplaner, information och utbildning.
- Lärande innebär oftast att ännu en rutin utformas eller att ännu mer information förmedlas, istället för att förutsättningarna omformas.

### 6.1 Brandskyddet minskar över tid

Nivån på en byggnads brandskydd minskar över tid. Detta identifieras också i en PM från fyra svenska organisationer inom branschen (Brandskyddsföreningen, 2018). Installationerna blir gamla och smutsiga, brandcellsgränser hålls inte intakta, tekniska system kopplas ur eller fungerar inte som det är tänkt, brandgasspjäll med manuell motionering stänger inte som de ska, nyare brandspjäll med automatisk motionering kan istället orsaka en ansträngande larmhantering i kontrollrummet. I PM:en sammanfattas orsakerna som ”okunskap eller bristande underhåll”. PM:en menar sedan att brandskyddet under drifttiden måste säkerställas på ett tydligare sätt, framförallt för nyttjanderättshavaren och ägaren.

Att det sker bristande underhåll av brandskydd kan konstateras, den intressanta frågan är oftast *varför* det blir så. Angående okunskap så är frågan vart den finns. Är det hos användaren som inte förstår brandskyddet eller hos byggprojektet som inte förstod användarens förutsättningar och behov? Författarna ser att den här sortens problem över tid kan bero på en dålig anpassning mellan brandskyddet och verksamheten.

Det är inte ovanligt att någon som inte själv deltar i industriarbetet har en förenklad bild av det. I verkligheten kräver industriarbete, liksom allt annat arbete, att människor måste hantera svåra, ofta underdefinierade problem. För att lyckas i arbetet krävs goda förutsättningar, vilket betyder ändamålsenlig design av verktyg, teknik, arbetsmiljöer och organisationer. Dålig design kan inte kompenseras med nya rutiner, utbildningar eller krav. Ännu en rutin eller ännu ett krav riskerar att ta ännu mer av industriföretagets ändliga resurser i anspråk, vilket istället ökar risken för att verksamheten hittar vägar runt kraven.

Byggbranschens PM påtalar viktiga problem, men lösningarna kan sannolikt inte begränsas till information eller utbildning för byggprocessens parter. Istället behöver processen förändras i grunden, så att det blir möjligt för de olika aktörerna att förstå nyttjarens behov och sammanhang. Då kan tekniken komma att matcha förutsättningarna bättre. Det skulle kunna leda till ett brandskydd som är bättre anpassat till kontexten, vilket i sin tur skulle göra brandskyddet mer hållbart.

## 6.2 Dagens fokus i säkerhetsarbete

Produktionen och produktionens villkor är förutsättningen för industrins existens. När brandsäkerhet står i konflikt med produktionens behov kan produktionsargument komma att väga tyngre. Ett exempel är en brandskyddsansvarig som mötte motstånd när hen krävde att en brandfarlig temporär lösning under byggtid skulle bytas ut. Bytet, menade en chef, skulle försena en pågående ombyggnation och därmed gå ut över produktionen. Brandsäkerhets- och säkerhetslösningar inskränker på produktionen i vanlig vardag också, men paradoxalt nog är det svårare att få gehör för de problemen. De ekonomiska konsekvenserna av ett driftstopp är uppenbara medan de möjliga ekonomiska vinsterna med användbarhet är mer oklara. Detta kan bidra till att omedelbara hot mot produktiviteten får mycket uppmärksamhet medan det långsiktiga, proaktiva arbetet har sämre förutsättningar.

Traditionell säkerhetsledning förknippas med vissa kännetecken och typiska koncept, till exempel fokus på individens beteenden, attityder och medvetenhet. Uttryck som ”ledningens engagemang” förekommer ofta men konkretiseras sällan, och i realiteten är det är vanligt med spänningar mellan ledning och personal. Det saknas djupare förklaringar av ”problemet människan”. Ingen vet vilka de korrekta beteendena är när personalen hanterar komplexa problem. Attityder behandlas som ett högt ideal, utan en idé om attitydernas ursprung (till exempel personalens arbetsförhållanden). Att säkerhetsledningens begrepp kan fyllas med mycket olika innehåll demonstreras av de intervjuade organisationerna och litteraturstudien. Resultaten från studien visar att det ofta inte är beståndsdelarna eller etiketterna i klassisk säkerhetsledning som orsakar problem, utan tolkningarna bakom.

Befintligt fokus för säkerhetsarbete i industrin har kritiserats under decennier och utmanats med nya tolkningar (se t.ex. Hollnagel, 2013). Idéerna har dock inte fått fäste i praktiskt säkerhetsarbete och orsaksbilden till varför det är så är sannolikt komplex. Det traditionella riskbaserade säkerhetsarbetet är cementerat i processer och metoder och har dessutom bidragit till tydliga säkerhetsförbättringar. Det har skapats en konsensus kring hur orsak och verkan fungerar och att utmana detta skulle kräva ett i grunden ifrågasättande av de rådande idealen (Shaw, 2012).

## 6.3 Vägar framåt

Resultat från projekt SEBRA visar på behov av längre tidshorisont i brandskyddsdimensionering samt utveckling av tekniska installationer och organisatoriska rutiner som är bättre anpassade efter produktionskontexten. En rejäl utmaning följer dock med att föreslå och utforma åtgärder som egentligen kräver andra grundvalar. Principerna kring användbarhet och systemsyn stämmer inte överens med den nuvarande dynamiken i bygg- och industriprocessen. Därför är risken stor att nya processer, metoder och riktlinjer inte skulle få fäste, alternativt bara leverera ny paketering till befintligt arbete. Den ursprungliga ambitionen, en handbok, skulle sannolikt inte komma till användning. De strukturella hindren och de organisatoriska barriärerna är för många för att det ska vara möjligt att påverka brandskyddsprojekteringen med enbart ett procedurstöd.

En möjlig väg framåt skulle kunna vara att -åtminstone som ett första steg- haka fast nya idéer i de befintliga processerna. Drivkrafterna i byggprocessen är i regel lagkrav och



ekonomi utifrån projektets horisont, inte drifttidens horisont. Slut användaren av industrilokalen har onokligen mycket att vinna på att de brandtekniska installationerna anpassas till verksamhetens behov, både i termer av effektivitet och säkerhet. Om budget och pengar är det som räknas, kan möjligen arbetssätt för att visualisera vinsterna från användbar design inkluderas i kalkylerna. Det ska poängteras att detta inte på något sätt är enkelt, det finns såklart en anledning att sådana kalkyler inte redan används.

Det kan konstateras att incitamentet att designa mer användbart främst ligger hos industriföretagen. Om kunden utrustas med verktyg för att analysera de långsiktiga ekonomiska verkningarna av låg användbarhet, borde det leda till ökade krav på fastighetsägaren, vilket i sin tur kan skapa ett tryck på byggprocessens övriga parter.

## 6.4 Industrins operativa förmåga

I säkerhetslitteraturen framhålls de resilienta egenskaperna adaptivitet och flexibilitet i en krissituation nästan uteslutande som ett positivt fenomen, vilket är ett erkännande av att arbete i utmanande miljöer kräver en hög grad av erfarenhet och yrkesskicklighet. Medarbetarnas inneboende förmåga till anpassning och att lösa situationen kan dock leda till att strålkastarljuset aldrig riktas mot mer fundamentala designbrister på arbetsplatsen. Det finns en risk att personalens flexibilitet överutnyttjas i strävan efter att uppfylla många olika, ibland konkurrerande, mål. Detta ger upphov till frågor kring industripersonalen och dess roll för brandsäkerheten. Dimensioneringen av brandskyddet i en byggnad har fokus personsäkerhet och utrymning, medan industripersonalen i verkligheten stannar och försöker bekämpa branden. Insatsen gynnar främst industriföretagets mål och insatsen kan leda till att de själva blir skadade. Vi vet väldigt lite om vad som egentligen driver personalen när de väljer att bekämpa bränder och här skulle det behövas mer forskning.

Industriorganisationerna har olika strategi kring brandutbildning för personalen. Allt eftersom industrin utvecklas brinner det alltmer sällan och en utmaning är att behålla kompetensen trots minskade erfarenheter. Ett steg kan vara träning som genomförs i miljöer som efterliknar den vanliga arbetsmiljön, så att banden knyts starkare till driftmiljön. Det behövs mer forskning kring vilka egenskaper träning egentligen gynnar och hur träning kan utvecklas för att främja de önskvärda förmågorna.

Med ökad automation i industrin och samhället förflyttas personalen längre från processen. Det kan undergräva deras processförståelse, vilket i sin tur kan försämra deras möjligheter att tolka ett brandförlopp i anläggningen. Att bibehålla processförståelse i en industrimiljö med ökad automatisering är en utmaning och forskningen erbjuder än så länge inga konkreta strategier.

## 7 Slutsats

För att hantera en verklig brand aktiveras ett sammansatt system av organisation, människor och teknik. Formellt brandsäkerhetsarbete fokuserar främst på byggnadsteknik, regelefterlevnad och brandtekniska installationer, vilket innebär att stora delar av framgångsfaktorerna vid en brand osynliggörs. De aspekter som osynliggörs är ofta kopplade till personalens yrkeskunnande, erfarenhet, anpassningsförmåga, samverkan och kreativitet, egenskaper som är essentiella för resiliens.

Under drifttiden uppstår det konflikter mellan industriproduktionen och brandskyddet. Eftersom industrin har ändliga resurser i kombination med starka produktionsmål, kan konflikterna leda till att brandskyddet förbigås eller kopplas ur, vilket leder till en lägre säkerhetsnivå.

I byggprocessen finns inga etablerade processer eller metoder som säkerställer att slutanvändarens behov beaktas vid utformningen av brandskyddet. Byggprojektets incitament är att hålla nere byggkostnaden, vilket gör att kostnader i form av inskränkt produktion och lägre säkerhetsnivå förskjuts till drifttiden. Forskningen har pekat på att det krävs en genomgripande förändring av grundvalarna inom säkerhetsarbete för att kunna inkludera användningsbehov. Det är därför en utmaning att föreslå åtgärder. En möjlig lösning kan vara att introducera nya perspektiv genom att haka fast det vid ordinarie processer. I praktiken innebär det att industrin får kompletterande sätt att betrakta och analysera den långsiktiga drifttiden i kortsiktiga förändringsprojekt.

När det kommer till hantering av brandincidenter i industrin är en kombination av kunskap om industriprocessen och kunskap om brand och brandsläckning vital. Det är en utmaning att upprätthålla sådan kunskap i och med ökad automatisering, vilket leder till att medarbetarna förflyttas längre från processen och tappar process- och anläggningskännedom.

Främjandet av resilienta egenskaper sker långsiktigt, organisatoriskt och strukturellt och innefattar genomtänkt design av arbete och artefakter som teknik och procedurer utifrån verkliga utmaningar i verkligt arbete, stärkandet av samverkan internt och externt samt ett organisatoriskt lärande som inte adderar nya rutiner och krav, utan istället designar om förutsättningarna.

## 8 Referenser

- Almklov, P. G., Rosness, R., & Størkersen, K. (2014). When safety science meets the practitioners: Does safety science contribute to marginalization of practical knowledge? *Safety Science*, 67, 25–36.
- Andersson, L., Andersson, P., Ardenmark, J., & Svensson, J. (2002). *Risikanalytisk modell för utvärdering av mänskliga och organisatoriska faktorer inverkan på byggnaders brandskydd*. Sycon Energikonsult AB, Malmö.
- Antonsen, S. (2012). *Safety culture: theory, method and improvement*. Ashgate Publishing, Ltd.
- Attaianese, E., & Duca, G. (2012). Human factors and ergonomic principles in building design for life and work activities: an applied methodology. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 13(2), 187–202.
- Beard, A. N., & Santos-Reyes, J. (2003). A Safety Management System Model with Application to Fire Safety Offshore. *The Geneva Papers on Risk and Insurance*, 28(3), 413–425.
- Besnard, D., & Hollnagel, E. (2014). I want to believe: Some myths about the management of industrial safety. *Cognition, Technology and Work*, 16(1), 13–23.
- Bjelland, H., Njå, O., Heskestad, A. W., & Braut, G. S. (2015). The Concepts of Safety Level and Safety Margin: Framework for Fire Safety Design of Novel Buildings. *Fire Technology*, 51, 409–441.
- Borg, A., & Njå, O. (2013). The concept of validation in performance-based fire safety engineering. *Safety Science*, 52, 57–64.
- Bram, S., Degerman, H., Melkunaite, L., Urth, T., & Carreira, E. (2016). *Organisational resilience concepts applied to critical infrastructure*. EU Horizon 2020 IMPROVER project grant no: 653390.
- Brandskyddsforeningen. (2018). Brand-Sverige enligt: Allvarliga brister i byggprocessen avseende brandskyddet. Retrieved July 4, 2018, from <https://www.brandskyddsforeningen.se/om-oss/pressrum/nyheter/brandsverige-enligt-om-att-det-finns-allvarliga-brister-i-byggprocessen-avseende-brandskyddet/>
- Bullock, M., & Monaghan, A. (2014, July). The development of competency in fire engineering. *International Fire Professional, The Institution of Fire Engineers*. Retrieved from [https://www.tenos.com/Uploaded/IFE January 2014 p14-17.pdf](https://www.tenos.com/Uploaded/IFE%20January%202014%20p14-17.pdf)
- Chen, H., Pittman, W. C., Hatanaka, L. C., Harding, B. Z., Boussouf, A., Moore, D. A., ... Mannan, M. S. (2015). Integration of process safety engineering and fire protection engineering for better safety performance. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 37, 74–81.
- Compton, P. (2013). Situated cognition and knowledge acquisition research. *International Journal of Human-Computer Studies*, 71(2), 184–190.
- Dekker, S. (2007). *Just culture: Balancing safety and accountability*. Ashgate Publishing, Ltd.
- Dekker, S. W. A. (2001). Follow the procedure or survive. *Human Factors and Aerospace Safety*, 1(4), 381–385.
- Dekker, S. W. a., & Woods, D. D. (2002). MABA-MABA or Abracadabra? Progress on Human-Automation Co-ordination. *Cognition, Technology & Work*, 4(4), 240–244.
- Endsley, M. R. (1996). Automation and Situation Awareness. *Automation and Human Performance: Theory and Applications*, 163–181.
- Eraut, M. (2000). Non-formal learning and tacit knowledge in professional work. *The British Journal of Educational Psychology*, 70 ( Pt 1), 113–136.
- Fredholm, L., Petterson, S., & Kecklund, L. (2008). *Organisera för brandsäkerhet - framgångsfaktorer för brandsäkerhetsarbete*. MTO Psykologi AB, Stockholm.
- Gehandler, J. (2017). The theoretical framework of fire safety design: Reflections and

- alternatives. *Fire Safety Journal*, 91, 973–981.
- Gehandler, J., Ingason, H., Lönnemark, A., Frantzich, H., & Strömberg, M. (2014). Performance-based design of road tunnel fire safety: Proposal of new Swedish framework. *Case Studies in Fire Safety*, 1, 18–28.
- Gibson, J. (1961). The contribution of experimental psychology to the formulation of the problem of safety—a brief for basic research. *Behavioral Approaches to Accident Research*, 77–89.
- Groner, N. (1996). Putting people into the performance-based design option. *Fire Technology*, 32(3), 281–284.
- Groner, N. E. (2006). Using Performance-Based Design to Help People Adapt to Uncertainty during Fire Emergencies. In *Proceedings of the 6th International Conference on Performance-Based Codes and Fire Safety Design Methods*. June 14–16, Bethesda, MD: Society of Fire Protection Engineers.
- Haddon, W. (1980). The Basic Strategies for Reducing Damage from Hazards of All Kinds. *Hazard Prevention*, 16(1), 8–12.
- Hale, A., & Borys, D. (2013). Working to rule, or working safely. In C. Bieder & M. Bourrier (Eds.), *Trapping safety into rules: how desirable or avoidable is proceduralization?* (pp. 43–68). Aldershot, England: Ashgate Publishing Ltd.
- Heinrich, H. W. (1931). *Industrial accident prevention - A scientific approach*. New York: McGraw-Hill Book Company Inc.
- Hitchins, D. (1992). *Putting systems to work*. Chichester: Wiley.
- Hollnagel, E. (2009). *The ETTO principle: efficiency-thoroughness trade-off: why things that go right sometimes go wrong*. Ashgate Publishing, Ltd.
- Hollnagel, E. (2013). *From Safety-I to Safety-II: A White Paper*. European Organisation for the Safety of Air Navigation (EUROCONTROL). Retrieved from <http://www.skybrary.aero/bookshelf/books/2437.pdf>
- Hollnagel, E. (2014). Human factors/ergonomics as a systems discipline? “The human use of human beings” revisited. *Applied Ergonomics*, 45(1), 40–44.
- Hollnagel, E. (2015). Why is Work-as-Imagined Different from Work-as-Done? In R. L. Wears & E. Hollnagel (Eds.), *Resilient Health Care, Volume 2* (pp. 279–294). CRC Press.
- Hollnagel, E., Nemeth, C., & Dekker, S. (2008). *Resilience engineering perspectives: remaining sensitive to the possibility of failure*. Ashgate Publishing, Ltd.
- Hollnagel, E., & Woods, D. (2005). *Joint cognitive systems: Foundations of cognitive systems engineering*. CRC Press.
- Hood, C. (2007). What happens when transparency meets blame-avoidance? *Public Management Review*, (2), 191–210.
- Hutchins, E. (1995). *Cognition in the Wild*. MIT Press.
- Interscience Communications Ltd. (2013). Human behaviour in fire papers. A compendium of Research Papers (1998–2013). Retrieved July 3, 2018, from <http://www.shop.intersciencecomms.co.uk/publications/pdfs/hbifcompendiumto c.pdf>
- Johnsen, S. O., Kilskar, S. S., & Fossum, K. R. (2017). Missing focus on Human Factors—organizational and cognitive ergonomics—in the safety management for the petroleum industry. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part O: Journal of Risk and Reliability*, 231(4), 400–410.
- Kobes, M., Helsloot, I., de Vries, B., & Post, J. G. (2010). Building safety and human behaviour in fire: A literature review. *Fire Safety Journal*, 45(1), 1–11.
- Leveson, N. (2004). A new accident model for engineering safer systems. *Safety Science*, 42(4), 237–270.
- Maluk, C., Woodrow, M., & Torero, J. L. (2017). The potential of integrating fire safety in modern building design. *Fire Safety Journal*, 88, 104–112.
- Meacham, B. J. (1999). Integrating human factors issues into engineered fire safety design. *Fire and Materials*, 23(6), 273–279.
- Meacham, B. J. (2014). Fire safety engineering at a crossroad. *Case Studies in Fire Safety*, 1, 8–12.

- Mearns, K. (2017). Human Factors in the Chemical Process Industries. In F. Khan (Ed.), *Methods in Chemical Process Safety, Volume 1*. Academic Press.
- Milke, J. (2016). Fire protection as the underpinning of good process safety programs. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 40*, 329–333.
- MSB. (2012). Rådningstjänst i siffror 2012. Retrieved from <https://www.msb.se/sv/Produkter--tjanster/Publikationer/Publikationer-fran-MSB/Raddningstjanst-i-siffror-2012/>
- Mydin, M. A. O. (2014). Human Factors in Fire Safety Management and Prevention. *Analele Universitatii "Eftimie Murgu," 21(1)*, 213–219.
- Norros, L. (2014). Developing human factors/ergonomics as a design discipline. *Applied Ergonomics, 45(1)*, 61–71.
- Penton, A., Reynolds, J., & Fisher-Morris, M. (2013). *Fire-fighting -a risky business?* Fire Protection Association, London.
- Perrow, C. (1984). *Normal accidents: Living with high risk technologies*. New York: Basic Books.
- Power, M. (1999). *The Audit Society: Rituals of Verification*. OUP Oxford.
- Praino, G., & Sharit, J. (2016). Written work procedures: Identifying and understanding their risks and a proposed framework for modeling procedure risk. *Safety Science, 82*, 382–392.
- Rasmussen, J. (1997). Risk management in a dynamic society: A modelling problem. *Safety Science, 27(2–3)*, 183–213.
- Reason, J. (1990). *Human Error*. Cambridge University Press.
- Righi, A. W., Saurin, T. A., & Wachs, P. (2015). A systematic literature review of resilience engineering: Research areas and a research agenda proposal. *Reliability Engineering & System Safety, 141*, 142–152.
- Santos-Reyes, J., & Beard, A. N. (2001). A systemic approach to fire safety management. *Fire Safety Journal, 36*, 359–390.
- Shaw, K. (2012). “Reframing” resilience: Challenges for planning theory and practice. *Planning Theory and Practice, 13(2)*, 308–312.
- Spinardi, G. (2016). Fire safety regulation: Prescription, performance, and professionalism. *Fire Safety Journal, 80*, 83–88.
- Taylor, F. W. (1911). *The principles of scientific management*. New York: Harper.
- Walby, S. (2007). Complexity Theory, Systems Theory, and Multiple Intersecting Social Inequalities. *Philosophy of the Social Sciences, 37(4)*, 449–470.
- Wehmeier, G., & Mitropetros, K. (2016). Fire Protection in the Chemical Industry. *Chemical Engineering Transactions, 48*, 259–264.
- Wilson, J. R. (2014). Fundamentals of systems ergonomics/human factors. *Applied Ergonomics, 45(1)*, 5–13.
- Woodrow, M., Bisby, L., & Torero, J. L. (2013). A nascent educational framework for fire safety engineering. *Fire Safety Journal, 58*, 180–194.
- Woods, D. D. (2006). Essential characteristics of resilience. In N. Hollnagel, E., Woods, D., Leveson (Ed.), *Resilience Engineering: Concepts and Precepts* (pp. 21–34). Ashgate Publishing Ltd.
- Woods, D. D. (2015). Four concepts for resilience and the implications for the future of resilience engineering. *Reliability Engineering and System Safety, 141*, 5–9.
- Woods, D. D., Leveson, N., & Hollnagel, E. (2012). *Resilience Engineering: Concepts and Precepts*. Ashgate Publishing, Ltd.

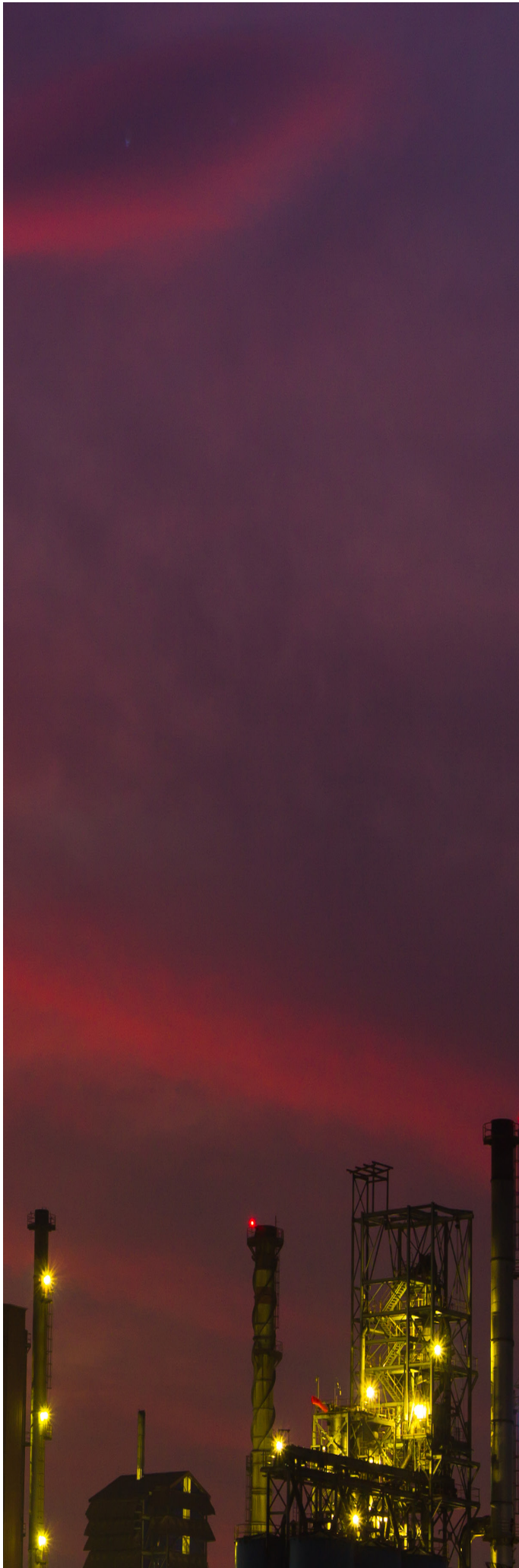
Through our international collaboration programmes with academia, industry, and the public sector, we ensure the competitiveness of the Swedish business community on an international level and contribute to a sustainable society. Our 2,200 employees support and promote all manner of innovative processes, and our roughly 100 testbeds and demonstration facilities are instrumental in developing the future-proofing of products, technologies, and services. RISE Research Institutes of Sweden is fully owned by the Swedish state.

I internationell samverkan med akademi, näringsliv och offentlig sektor bidrar vi till ett konkurrenskraftigt näringsliv och ett hållbart samhälle. RISE 2 200 medarbetare driver och stöder alla typer av innovationsprocesser. Vi erbjuder ett 100-tal test- och demonstrationsmiljöer för framtidsäkra produkter, tekniker och tjänster. RISE Research Institutes of Sweden ägs av svenska staten.



RISE Research Institutes of Sweden AB  
Ideon Science Park, 223 70 LUND  
Telefon: 010-516 50 00  
E-post: [info@ri.se](mailto:info@ri.se), Internet: [www.ri.se](http://www.ri.se)

RISE Safety  
RISE Rapport : 2019:56  
ISBN: 978-91-88907-83-7



RISE Research Institutes of Sweden  
P.O. Box 857, 501 15 BORÅS, SWEDEN  
PHONE: 0046-10-516 50 00  
E-post: [info@ri.se](mailto:info@ri.se),  
Internet: [www.ri.se](http://www.ri.se)

OUR SPONSORS & PARTNERS:



**Brandforsk**



## RAPPORTER UTGIVNA AV BRANDFORSK 2019:

- 2019:1 **Measuring the impact of fire on the environment.**  
**Fire Impact Tool, version 1**
- 2019:2 **Systemperspektiv på industriell brandsäkerhet - en studie av organiserings- och användbarhet i brandskyddet**



**1979 bildades Brandforsk som svar på behovet av ett gemensamt organ för att initiera och finansiera forskning och utveckling inom brandsäkerhetsområdet.**

Brandforsk är statens, försäkringsbranschens och industrins gemensamma organ för att initiera, bekosta och följa upp olika slag av brandforskning.

Huvudman för Brandforsk är Brandskyddsföreningen och verksamheten leds av en styrelse och bedrivs i form av projekt vid universitet och högskolor, forskningsinstitut, myndigheter och företag.



**Brandforsk**

Årstaängsvägen 21 c  
Box 472 44, 100 74 Stockholm  
Tel: 08-588 474 14  
[brandforsk@brandskyddsforeningen.se](mailto:brandforsk@brandskyddsforeningen.se)