DEGREE PROJECT, IN ERGONOMI OCH MÄNNISKA, TEKNIK, ORGANISATOIN
SECOND LEVEL

STOCKHOLM, SWEDEN 2015

Ett MTO-perspektiv på rökdykning

ARBETSUPPGIFTEN, TILLBUD OCH OLYCKOR

JOHAN NORDSTRÖM

KTH ROYAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY

SKOLAN FÖR TEKNIK OCH HÄLSA

Ett MTO-perspektiv på rökdykning

Arbetsuppgiften, tillbud och olyckor

Interior Firefighting

The task, near accidents and occupational injuries

JOHAN NORDSTRÖM

Degree project No. 2015:108
KTH Royal Institute of Technology
School of Technology and Health
SE-100 44 Stockholm, Sweden

Abstract

The purpose of this study has been to describe the current work situation for BA-operatives (firefighters) within Swedish rescue services, to examine the causes for occupational injuries and near accidents among BA-operatives and also examine in which type of environments occupational injuries and near accidents have occurred.

All occupational injuries and near accidents that was reported to the Swedish Work Environment Authority during 1st January 2002- to 17th July 2014 have been analyzed. The analysis showed that a significant larger amount of injuries and near accidents occurred during nighttime BA-operations than during daytime operations. The analysis also showed that there are a significant higher number of occupational injuries during BA-operations among retained firefighters than among whole-time firefighters.

Most occupational injuries during the investigated time period have occurred in detached houses. The analysis have shown that the reason for this, in most cases, is that the officer in charge has made errors when assessing the risks before the BA-operation was carried out or has failed to communicate his decisions with the other firefighters.

Most of the near accidents during the time period have occurred in underground car parks and case studies have shown that it's difficult for BA-operatives to locate and fight fires in this kind of buildings. The case studies also showed that local rescue services often have failed to prepare the firefighters for BA-operations in large buildings and also that many of the local standard operation procedures are inadequate with respect to replacement of BA-operatives. (Swedish)

Sammanfattning

Rökdykning, det vill säga inträngande i tät brandrök i syfte att rädda liv, släcka brand eller liknande, är en av de mest extrema icke militära sysselsättningar som en person kan ägna sig åt utifrån ett ergonomiskt och stresspsykologiskt perspektiv. Med anledning av detta utvecklar AB Realisator Robotics en robot som ska kunna vara en hjälp för brandmännen vid besvärliga insatser. För att kunna diskutera kring på vilket sätt en robot på bästa sätt kan användas vid insatser har företaget initierat detta examensarbete i syfte att skapa en förståelse för hur den nuvarande situationen kring rökdykning ser ut utifrån ett människa-, teknik- och organisationsperspektiv (MTO-perspektiv). Målsättningen med examensarbetet har varit att beskriva hur arbetssituationen i samband med rökdykning ser ut utifrån ett MTO-perspektiv, i vilka miljöer som olyckor och tillbud inträffar i samband med rökdykning samt vilka faktorer som orsakar allvarliga tillbud och olyckor i samband med rökdykning.

Examensarbetet har utförts i tre steg. Först har litteraturstudier genomförts där den forskning som finns avseende rökdykning har gåtts igenom. Därefter genomfördes en analys av de allvarliga tillbud och arbetsskador som inträffat i samband med rökdykning under perioden 2002-01-01 till 2014-07-17 med hjälp av olycksorsaksmodellen HFACS (Human Factors Analysis and Classification System). Slutligen genomfördes fallstudier av sju rökdykarinsatser i parkeringsgarage.

Litteraturstudierna har visat att rökdykning är en verksamhet som ställer höga krav på rökdykarnas fysiska förmåga. Detta beror till stor del på den kroppstemperaturökning som sker som en följd av att arbetet utförs i tung skyddsutrustning som försvårar kroppens värmeutbyte med omgivningen. Dessutom sker rökdykning ofta i temperaturer som är högre än normalt som en följd av branden.

Analyserna av de allvarliga tillbud och arbetsskador som anmälts till Arbetsmiljöverket har visat att signifikant fler tillbud och olyckor har inträffat nattetid (00:00-05:59) än dagtid (06:00-23:59) samt att signifikant fler rökdykare skadar sig nattetid än dagtid.

De utförda statistiska analyserna har även visat att det inte går att påvisa någon signifikant skillnad när det gäller antalet inrapporterade allvarliga tillbud mellan hel- och deltidsanställda brandmän. När det gäller inträffade skador har, under tidsperioden, signifikant fler olyckor där någon rökdykare skadat sig inträffat när rökdykarinsats utförts med deltidsanställd personal än när insatsen gjorts med heltidsanställd

personal. Vidare har signifikant fler deltidsbrandmän än heltidsbrandmän skadat sig vid rökdykarinsatser.

De flesta olyckor av arbetsskadorna i samband med rökdykning under den undersökta tidsperioden har inträffat i samband med insatser i villor. Dessa olyckor har ofta orsakats som en följd av en omfattande brand i byggnaden i kombination med en felaktig riskbedömning av befälet alternativt en otydlig kommunikation mellan befälet och rökdykarna där det inte tydligt framgått att rökdykning inte ska genomföras.

När det gäller allvarliga tillbud så har de flesta av de inrapporterade tillbuden inträffat i samband med bränder i parkeringsgarage vilket är orsaken till att fallstudier av sju sådana insatser har skett. När det gäller bränder i parkeringsgarage bedöms den fysiska utformningen av parkeringsgaragen vara en orsak till att tillbuden har inträffat. De speciella utmaningar som rökdykarna ställs inför vid bränder i parkeringsgarage är stora lokaler med långa inträngningsvägar, svårigheter att lokalisera branden, stora mängder tjocka brandgaser (brandrök) med hög temperatur samt stora svårigheter att ventilera ut brandgaserna. Bland de övriga orsakerna till att tillbud har inträffat i samband med rökdykarinsatser i parkeringsgarage kan noteras att brandmännens kompetens i flera fall har varit för låg i förhållande till situationens krav på kompetens. Orsaken till detta har varit bland annat att organisationen inte genomfört en riskanalys över vilka objekt som finns inom brandmännens arbetsområde och att övningsverksamheten därför varit dåligt anpassad för att möta de krav som brandmännen kan ställas inför vid insats. Brister har även hittats i de lokala instruktioner (standardrutiner) som finns för rökdykning i ”hög riskmiljö”. Bland annat avseende de delar av instruktionerna som behandlar avlösning av personal.

Innehållsförteckning

1 PROLOG 7

2 INLEDNING 9

2.1 SYFTE OCH FRÅGESTÄLLNINGAR 10
2.1.1 Frågeställningar 10
2.2 AVGRÄNSNINGAR 10
2.3 RAPPORTENS DISPOSITION 10
2.3.1 Läsanvisningar 11
2.4 FÖRFATTARENS FÖRFÖRSTÅELSE 11
2.5 OM EXAMENSARBETET 12

3 TEORI 13

3.1 ERGONOMI, MTO OCH MTO-MODELLER 13
3.1.1 Val av lämplig modell för en utredning 14
3.1.2 The extended HTO framework 14
3.1.3 Human Factors Analysis and Classification System (HFACS) 15
3.2 RÄDDNINGSTJÄNST 17
3.2.1 Rökdykning 18
3.3 ARBETSMILJÖLAGSTIFTNING 19
3.3.1 Arbetsmiljöverkets föreskrifter om rökdykning 19
3.4 KOMPETENSBEGREPPET 20

4 METOD 23

4.1 LITTERATURSTUDIER 23
4.1.1 MTO- och olycksorsaksmodeller 23
4.1.2 Rökdykning 24
4.2 INFORMATION OM INTRÄFFADE TILLBUD OCH ARBETSSKADOR 25
4.2.1 Tillbuds- och arbetsskadeanmälningar 26
4.2.2 Olycksundersökningar 26
4.3 VAL AV MTO- OCH OLYCKSORSAKSMODELLER 27

5 ANALYS AV RÖKDYKNINGSSITUATIONEN UTIFRÅN ETT MTO-PERSPEKTIV . 29

5.1 ARBETSUPPGIFTEN 29
5.2 MILJÖN 29
5.2.1 Inomhusbranden och brandförloppet 30
5.2.2 Psykologiska effekter av hög värme 32
5.2.3 Larm nattetid 33
5.2.4 Byggnaden 39
5.3 TEKNIKEN 41
5.3.1 Skyddsutrustning 41
5.3.2 Övrig utrustning 47
5.4 ORGANISATIONEN 48
5.4.1 Utbildning, övningsverksamhet och erfarenhet 48
5.4.2 Anställningsform 49
5.4.3 Lokala rökdykarinstruktioner och standardrutiner 53
5.4.4 Rutiner för kylning av rökdykare på skadeplats 57
5.4.5 Fysisk träning 58
5.5 KONTEXT 59
5.5.1 Attityder till rökdykning 59
5.5.2 Kvinnliga brandmän 59

6 ANALYS AV INSATSER I PARKERINGSGARAGE 61

6.1 INSATS I STOCKHOLMS LÄN, 2006 61
6.2 INSATS I VÄSTRA GÖTALANDS LÄN, 2009 63
6.3 INSATS I STOCKHOLMS LÄN 2009 65

6.4 INSATS I VÄSTERBOTTENS LÄN, 2010 67
6.5 INSATS I SKÅNE LÄN, 2010 68
6.6 INSATS I VÄSTRA GÖTALANDS LÄN, 2011 71
6.7 INSATS I VÄSTRA GÖTALANDS LÄN, 2012 73
6.8 SAMMANSTÄLLNING AV PROBLEM I SAMBAND MED INSATSER I PARKERINGSGARAGE 75

7 DISKUSSION 77

7.1 RESULTATDISKUSSION 80
7.2 METODDISKUSSION 81

8 SLUTSATSER 83

9 FÖRSLAG TILL UTVECKLING AV FUMO™ 85

REFERENSER 87

BILAGA 1: ANALYS MED HFACS-MODELLEN 95

ORSAK TILL TILLBUD FÖRDELAT PÅ BYGGNADSTYP 95
ORSAK TILL ARBETSSKADA FÖRDELAT PÅ BYGGNADSTYP 97

BILAGA 2: EXEMPEL PÅ ORSAKER TILL TILLBUD OCH ARBETSSKADOR I OLIKA TYPER AV BYGGNADER 101

1 Prolog

Den 29-årige Niklas Råbesjö går måndagen den 26 maj 2003 på sitt tredje arbetspass som brandman vid Norrköpings brandförsvar. Han är en av sju nyanställda som i konkurrens med 240 andra har valts ut och som nyligen avslutat sin fem veckor långa internutbildning för att tjänstgöra som brandman. Den aktuella kvällen finns personal utöver minimibemanningen på stationen i tjänst och Niklas tilldelas därför arbetsuppgiften som ”vattenman” i händelse av larm till bränder. Det är en arbetsuppgift som är relativt lätt, fysiskt sett, och som innebär att han i första hand ska hjälpa de övriga kollegorna med slangdragning men även med vissa andra uppgifter.

Klockan 00:53 på natten den 27 maj larmas stationen till en brand på nattklubben Camel i centrala Norrköping. Natten innan hade brandförsvaret varit där och släckt en anlagd brand och delar av personalen, som tjänstgjorde även föregående natt, känner därför till lokalerna. Vid framkomst till platsen bedöms, trots lokalens storlek, riskerna som normala och därför sätts två rökdykargrupper in för att släcka branden. De två rökdykargrupperna går in i byggnaden dels genom huvudentrén och dels genom en nödutgång vid en lastbrygga på baksidan av byggnaden. Rökdykarna som gått in i byggnaden via huvudentrén tvingas relativt snart att retirera på grund av värmen från branden medan rökdykarna som gått in via lastbryggan arbetar i cirka 15 minuter innan även de måste retirera på grund av att de börjar få ont om luft.

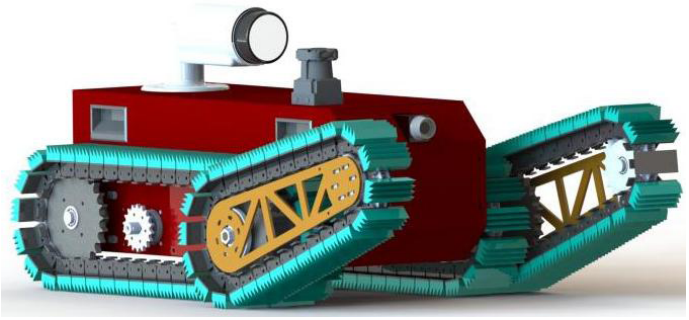
Niklas och en arbetskamrat som inledningsvis arbetat med andra arbetsuppgifter avlöser rökdykarparet vid lastbryggan och avancerar in i byggnaden via nödutgången på baksidan. Niklas går som rökdykare 2 vilket innebär att han drar slangen medan kollegan som går som rökdykare 1 manövrerar strålröret och sköter radiokommunikationen. Sikten är vid detta tillfälle relativt god och röken går bara ned till knähöjd i lokalen och rökdykarledaren som sitter vid nödutgången kan se reflexerna på rökdykarnas stövlar. Efter en stund förvärras situationen och rökdykarna bestämmer sig för att retirera på grund av värmen. I detta skede fastnar rökdykare 1 i bråte som fallit ned och ligger utspridd på golvet. Rökdykaren begär hjälp av rökdykarledaren för att komma loss men tar sig en stund senare loss på egen hand samtidigt som rökdykarledaren, som är på väg in för att hjälpa honom, släcker en uppflammande brand bakom rökdykarna. Hettan och röken tilltar alltmer och när rökdykare 1 och rökdykarledaren svårt medtagna har tagit sig ut uppmärksammas att Niklas saknas, klockan är då 01:30. Rökdykare 1 och rökdykarledaren förs med ambulans till sjukhus medan annan personal på brandplatsen påbörjar flera försök att undsätta Niklas och ytterligare två brandmän skadas vid dessa undsättningsförsök. Klockan 06:15

återfinns Niklas omkommen i en trappa till övervåningen inte långt från den plats där rökdykarna påbörjat reträtten. Den efterföljande obduktionen visar att dödsorsaken sannolikt var värmeslag.

2 Inledning

Rökdykare utsätts, som exemplet i prologen visar, för ett flertal risker som exempelvis dålig eller obefintlig sikt, hög värme, oväntade brandförlopp, risk för att fastna i olika föremål samt stress. Dessutom sker arbetet ofta i lokaler där brandmännen saknar lokalkännedom vilket, i kombination med den dåliga sikten, gör att det blir svårt för brandmännen att orientera sig. Trots användning av modern skyddsutrustning, föreskrifter som syftar till att skydda rökdykarna, lokala rutiner och instruktioner för rökdykning samt välutbildad personal är belastningen på rökdykarna hög och sammantaget gör detta att rökdykning är en av de mest extrema, icke militära, sysselsättningar som en person kan ägna sig åt utifrån ett ergonomiskt och stresspsykologiskt perspektiv (Guidotti, 1992). Även Arbetsmiljöverket har uppmärksammat riskerna med rökdykning och har i föreskrifterna om rök- och kemdykning angett att ”Rökdykning är den farligaste arbetsuppgift vi tillåter i Sverige” (AFS 2007:7, s. 21). Det finns således goda anledningar för att utveckla alternativ till rökdykning för att släcka bränder men även för att utveckla utrustning och metoder för att underlätta rökdykarinsatser och öka säkerheten i de fall rökdykning ändå måste utföras.

Med anledning av ovanstående utvecklar företaget AB Realisator Robotics, tillsammans med Södertörns brandförsvarsförbund, Storstockholms brandförsvar, Räddningstjänsten Storgöteborg, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) och Styrelsen för svensk brandforskning (Brandforsk), en brandrobot, FUMO™, se figur 1, som ska kunna vara en hjälp vid besvärliga insatser.



Figur 1: Tidig prototyp av FUMO™ (Bilden tillhandahållen av AB Realisator Robotics).

Roboten ska, i första hand, kunna användas för att förmedla en lägesbild inifrån byggnaden med hjälp av vanlig kamera och värmekamera vilket bedöms underlätta räddningsledningens beslutsfattande. Det finns även planer på att roboten ska kunna förses med ytterligare funktionalitet.

För att till fullo förstå problematiken med rökdykning och därmed möjliggöra en diskussion kring hur en brandrobot kan användas vid insatser krävs en förståelse för nuvarande rökdykningssituation utifrån ett människa-, teknik- och organisationsperspektiv (MTO-perspektiv). Med anledning av detta har företaget AB Realisator Robotics initierat denna studie som utförs som ett examensarbete inom ramen för KTH:s magisterprogram i Ergonomi och människa, teknik, organisation.

2.1 Syfte och frågeställningar

Syftet med detta examensarbete är att, utifrån ett ergonomiskt perspektiv, beskriva vilka faktorer som påverkar rökdykarna i samband med rökdykarinsatser samt undersöka vad som orsakar tillbud och olyckor i samband med rökdykarinsatser. Resultaten från arbetet ska kunna användas som en grund för en fortsatt utveckling av hur en robot för rökdykning skulle kunna användas för att underlätta rökdykarnas arbete samt öka säkerheten i samband med rökdykarinsatser.

2.1.1 Frågeställningar

Examensarbetet avser besvara följande frågeställningar:

I. Hur ser arbetssituationen ut i samband med rökdykning utifrån ett MTO-perspektiv?

II. I vilka miljöer inträffar allvarliga tillbud och olyckor i samband med rökdykning?

III. Vad orsakar allvarliga tillbud och olyckor i samband med rökdykning?

2.2 Avgränsningar

Endast de faktorer som påverkar rökdykarparet under själva rökdykarinsatsen tas upp i rapporten. Mer långsiktiga aspekter på arbetet som exempelvis ökad risk för cancer, hjärt-kärlsjukdomar eller posttraumatisktstressyndrom (PTSD) behandlas ej då detta bedöms leda till en alltför medicinsk inriktning på arbetet.

2.3 Rapportens disposition

Kapitel 1-2 ger en bakgrund till varför arbetet utförs. I kapitel 3 återfinns en teoretisk bakgrund där begrepp som exempelvis ergonomi, MTO, räddningstjänst, rökdykning och kompetens beskrivs. Kapitlet innehåller vidare en beskrivning av de två MTO-modeller som använts vid de analyserna. I kapitel 4 beskrivs den metod som använts i examensarbetet. Kapitel 5 innehåller en analys av arbetsaktiviteten rökdykning utifrån en MTO-modell samt de inträffade allvarliga tillbud och olyckor som anmälts till Arbetsmiljöverket. Kapitel 6 innehåller en fördjupad analys

av sju bränder i parkeringsgarage. Kapitel 7 innehåller resultat och diskussion. Kapitel 8 innehåller slutsatser och i kapitel 9 återfinns förslag till fortsatt utveckling av FUMO™.

2.3.1 Läsanvisningar

För den som vill få en fullständig bild av rökdykningssituationen och möjligheterna att använda en brandrobot för att underlätta rökdykarnas arbete rekommenderas att hela rapporten exklusive bilagor läses. För den som önskar att kritiskt granska rapporten rekommenderas att även bilagorna läses utöver själva rapporten.

För den som snabbt vill ta del av rapportens resultat rekommenderas att följande kapitel läses (beroende på om den som läser har kunskap om räddningstjänst eller ej):

Bakgrund	**Rekommenderade kapitel vid snabb genomläsning av rapporten**
Kunskap om bränder, räddningstjänst och rökdykning	2; 5 (exkl. 5.2.1); 6; 7 (inledningen), 8
Ej kunskap om räddningstjänst och rökdykning	1; 2; 3.2-3.3; 5; 6; 7 (inledningen), 8

2.4 Författarens förförståelse

Författaren till denna rapport har en viss förförståelse inom området tack vare en brandingenjörsexamen från Lunds tekniska högskola (2000), en ettårig påbyggnadsutbildning i räddningstjänst för brandingenjörer från Statens räddningsverks skola i Revinge (2000) samt anställningar som brandingenjör inom Räddningstjänsten Östra Blekinge under perioden 2001-2006, som ställföreträdande räddningschef i Söderköpings kommun 2006-2014 och som brandingenjör vid Räddningstjänsten Östra Götaland sedan januari 2015. Erfarenheten från utryckningsverksamhet består av tjänstgöring som räddningschef i beredskap för Östra Blekinge i snitt var 4:e vecka under 2001-2006 och som insatsledare i Söderköping.

Utöver ovanstående har författaren även en filosofie kandidatexamen med inriktning mot vuxenpedagogik från Linköpings universitet (2011) där bland annat kurser i ”människans villkor, förmåga och begränsningar under operationella förhållanden” (Human Factors) och ”riskbedömning och beslutsfattande under operationella förhållanden” (Crew Resource Management) ingår som biämnen med sammanlagt 60 högskolepoäng. Författaren har även genomgått Karlstad universitets utbildning i kvalificerad olycksutredningsmetodik (7,5 högskolepoäng).

2.5 Om examensarbetet

Examensarbetet har utförts inom ramen för Kungliga tekniska högskolans (KTH:s) magisterprogram inom Ergonomi och människa, teknik, organisation. Arbetet omfattar sammanlagt 15 högskolepoäng och genomförs för att studenten ska få träna på att genomföra en uppgift på ett metodiskt och vetenskapligt sätt.

Det aktuella arbetet har tillkommit efter en dialog mellan Thomas Eriksson på AB Realisator Robotics och prof. Jörgen Eklund på enheten för ergonomi vid KTH. Handledare har inledningsvis varit docent Johan Sanne på IVL Svenska miljöinstitutet och i arbetets slutskede tekn. dr. Stefan Särdqvist vid Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB). Beställare/extern handledare har varit Thomas Eriksson på AB Realisator Robotics.

3 Teori

Syftet med detta kapitel är att ge en kortfattad teoretisk bakgrund till begrepp som ergonomi; människa, teknik och organisation (MTO); räddningstjänst; rökdykning och kompetens. Kapitlet innehåller utöver detta även en beskrivning av två modeller som har använts för att analysera rökdykningssituationen respektive tillbud och arbetsskador i samband med rökdykning.

3.1 Ergonomi, MTO och MTO-modeller

Begreppet ergonomi används, i Sverige, ofta i vardagligt språkbruk synonymt med belastningsergonomi[1]. Den internationella definitionen som bland annat anammats av Ergonomi och Human Factors sällskapet Sverige (EHSS) omfattar dock betydligt fler aspekter på arbetet än de rent fysiska och sällskapets tolkning av den internationella definitionen av ergonomi lyder:

> Ergonomi är ett tvärvetenskapligt forsknings- och tillämpningsområde som i ett helhetsperspektiv behandlar samspelet människa-teknik-organisation i syfte att optimera hälsa och välbefinnande samt prestanda vid utformning av produkter och system. (Ergonomi och human factors sällskapet Sverige, u.å.)

Begreppet ergonomi kommer med ovanstående definition således, att utöver de fysiska aspekterna på arbetet, även omfatta mentala och organisatoriska aspekter.

Förkortningen MTO introducerades inom kärnkraftsindustrin i Sverige på 1980-talet och står för människa, teknik och organisation. Syftet med MTO var att lyfta fram samspelet mellan människor, teknik och organisation på en arbetsplats för att på så sätt öka säkerheten och minska sannolikheten för olyckor (Eklund, 2003). En MTO-modell kan därmed sägas vara en teoretisk modell över hur samspelet mellan människor, teknik och organisation sker på ett arbete. En variant av MTO-modeller är olycksorsaksmodeller som, i första hand, är inriktade på att beskriva vad som har gått fel då en olycka inträffar. Syftet med dessa modeller är att resultaten som erhålls ska kunna användas för att förbättra arbetssystemet så att inte nya olyckor inträffar.

[1] Se exempelvis beskrivningen på Wikipedia (http://sv.wikipedia.org/wiki/Ergonomi) där enbart fysikaliska aspekter på arbetet (t.ex. sittställning, ljus, buller och lyftteknik) tas upp.

3.1.1 Val av lämplig modell för en utredning

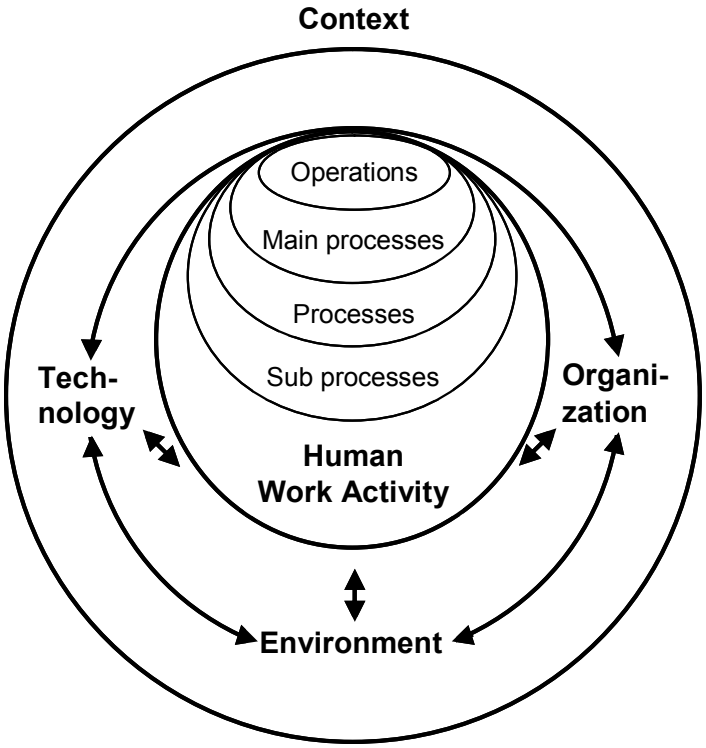
Wiegmann & Shappell (2001) har tagit fram en princip för hur en lämplig modell väljs till en utredning. De menar att det är bäst att välja modell utifrån vilket perspektiv på misstag som modellen har och vilket perspektiv på misstag som är mest lämpligt för utredningen. Indelning av modellerna sker i följande kategorier:

- Modeller med kognitivt perspektiv som i huvudsak behandlar människans informationsbearbetning och beslutsfattande.
- Modeller med ergonomiskt perspektiv som i beaktar människans interaktion med faktorer i omgivningen.
- Modeller med beteendeperspektiv som betraktar människans prestation utifrån en motivation om att erhålla belöningar samt undvika oönskade konsekvenser och bestraffningar.
- Modeller med medicinskt perspektiv som försöker förklara orsaker till olyckor och tillbud utifrån fysiologiska och psykologiska aspekter.
- Modeller med psykosocialt perspektiv som fokuserar på samspelet mellan människor som arbetar tillsammans.
- Modeller med ett organisatoriskt perspektiv som fokuserar på hur organisationen påverkar arbetet.

I detta arbete har modellerna ”The extended HTO framework” som är en modell med ergonomiskt perspektiv och ”HFACS” som är en modell med organisatoriskt perspektiv använts (i kapitel 4.3 motiveras valet av dessa modeller mer ingående).

3.1.2 The extended HTO framework

”The extended framework for humans, technology and organization (HTO) in interaction” är en MTO-modell har utvecklats av Eklund (2003) och som bygger på det traditionella MTO-konceptet men är influerad av socioteknisk systemteori. Eklunds (2003) modell består av de fyra huvudkomponenterna människan, tekniken, organisationen och miljön, se Figur 2.

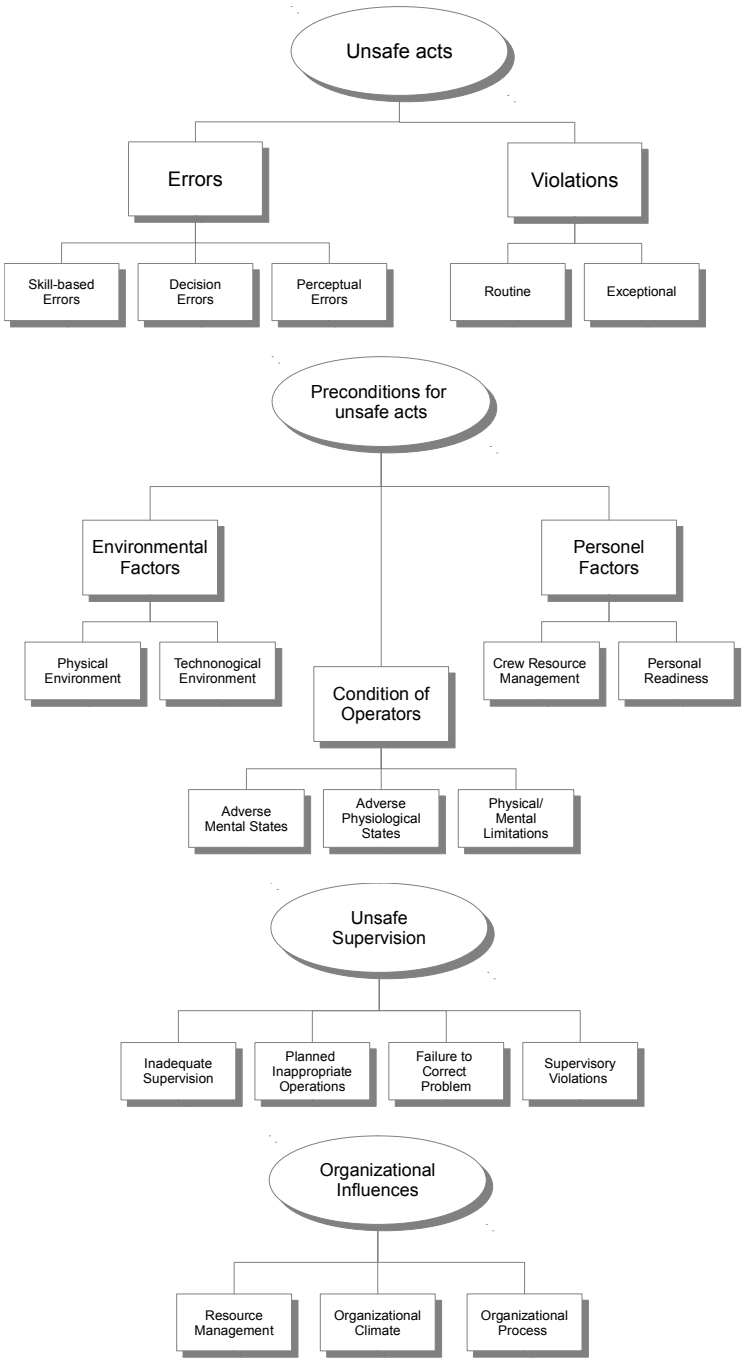


Figur 2: The extended HTO-framework (Eklund, 2003)

Centralt i modellen återfinns mänskliga arbetsaktiviteter och det primära syftet med en analys utifrån modellen är att se hur tekniken, organisationen och miljön påverkar dessa arbetsaktiviteter. Utöver de fyra komponenterna är det också, utifrån modellen, viktigt att ta hänsyn till i vilken kontext arbetet sker eftersom denna kommer att påverka såväl de enskilda komponenterna som den interaktion som sker mellan komponenterna (Eklund, 2003). Faktorer i kontexten som påverkar hur arbetet utförs kan exempelvis utgöras av lagstifting (exempelvis föreskrifter om rök- och kemdykning), som styr hur arbetet ska organiseras, eller kulturella faktorer som exempelvis att rökdykning har en speciell ställning för hur brandmän identifierar sig med sitt arbete (se t.ex. Ericson, 2011).

3.1.3 Human Factors Analysis and Classification System (HFACS)

The Human Factors Analysis and Classification System (HFACS) av Wiegmann och Shappell (2003) är en olycksorsaksmodell som utvecklats ur James Reasons populära ”schweizerostmodell” (se t.ex. Reason, 1990). HFACS bygger på att det finns fyra olika nivåer av felhandlande som i sin tur har delats in i ett antal undernivåer, se figur 3. Modellen ger ett antal exempel på brister för varje undernivå och vid en analys med modellen undersöks om någon av dessa brister fanns närvarande i samband med olyckan eller tillbudet.



Figur 3: De fyra nivåerna i HFACS-modellen (Wiegmann & Shapell, 2003).

3.2 Räddningstjänst

Begreppet räddningstjänst definieras i 1 kapitlet 2 § lag om skydd mot olyckor som:

> 2 § Med räddningstjänst avses i lagen de räddningsinsatser som staten eller kommunerna skall ansvara för vid olyckor och överhängande fara för olyckor för att hindra och begränsa skador på människor, egendom eller miljön.
>
> Till räddningstjänst hänförs också räddningsinsatser som görs enligt 4 kap. 1-4 §§ utan att det har inträffat någon olycka eller föreligger överhängande fara för en olycka.
>
> Staten eller en kommun skall ansvara för en räddningsinsats endast om detta är motiverat med hänsyn till behovet av ett snabbt ingripande, det hotade intressets vikt, kostnaderna för insatsen och omständigheterna i övrigt. (LSO, SFS 2003:778, kap. 3, 2 §)

Av regeringens proposition till reformerad räddningstjänstlagstiftning framgår att ”när det gäller fara för människors liv eller hälsa är ett ingripande alltid motiverat. Kostnadsaspekten har därvid en underordnad betydelse. Avvägningen mellan skadornas betydelse och kostnaderna för ingripandet får i praktiken störst betydelse i de fall då endast materiella värden står på spel” (Prop 2002/03:119 s. 102).

Bestämmelserna i lagstiftningen innebär att kommunerna ansvarar för att rädda människor, egendom och miljö vid exempelvis bränder, trafikolyckor, drunkningsolyckor, utsläpp av farliga ämnen, översvämningar, ras och skred.

Utöver ovanstående definition av räddningstjänstbegreppet innehåller lagens inledande paragrafer målsättningar för räddningstjänstorganisationerna:

> 1 § Bestämmelserna i denna lag syftar till att i hela landet bereda människors liv och hälsa samt egendom och miljö ett med hänsyn till de lokala förhållandena tillfredsställande och likvärdigt skydd mot olyckor (LSO, SFS 2003:778, kap. 1, 1 §).
>
> 3 § Räddningstjänsten skall planeras och organiseras så att räddningsinsatserna kan påbörjas inom godtagbar tid och genomföras på ett effektivt sätt. (LSO, SFS 2003:778, kap. 1, 3 §)

För att kunna leva upp till lagens krav organiserar kommunerna räddningstjänster, i folkmun ofta benämnda ”brandkårer” eller ”brandförsvar”. Exakt hur räddningstjänsterna organiseras varierar mellan olika kommuner men det förekommer dels att räddningstjänsterna organiseras som en egen förvaltning i kommunen

eller att flera kommuner går samman och organiserar en gemensam räddningstjänst i ett så kallat kommunalförbund. Det förekommer även att kommuner genom civilrättsliga avtal samarbetar med varandra kring en gemensam räddningstjänstorganisation.

Anställningsformen för brandmännen och befälen inom de kommunala räddningstjänsterna varierar också och majoriteten av brandmännen i de kommunala räddningstjänsterna, ca 10 800 stycken, utgörs av deltidsanställda brandmän (eller räddningspersonal i beredskap) och antalet heltidsanställda brandmän uppgår till ca 4920 (Olofsson, 2011).

Som framgår av namnet har en heltidsanställd brandman en heltidsanställning inom en kommunal räddningstjänst och tjänstgör normalt 42 timmar per vecka i snitt. I arbetstiden ingår normalt tid för såväl övning som fysisk träning. Deltidsanställda brandmän har betald arbetstid för att utföra materielvård och öva inom ramen för sin anställning inom räddningstjänsten. I vissa organisationer har de dessutom ersättning för att ägna sig åt fysisk träning. Utöver detta har den deltidsanställda brandmannen normalt beredskap i hemmet eller på sin ordinarie arbetsplats var 3:e eller var 4:e vecka. Under beredskapsveckan ska personen kunna infinna sig på brandstationen inom en fastställd tid (vanligtvis 5 minuter) och då träda in i en professionell roll som brandman.

3.2.1 Rökdykning

För att hindra och begränsa skador på människor, egendom eller miljön, i enlighet med bestämmelserna i lagen om skydd mot olyckor (se kapitel 3) kan det i vissa fall vara nödvändigt för räddningstjänstpersonalen att bege sig in i brinnande byggnader för att rädda personer som är kvar och/eller släcka branden. I dessa fall kan det vara aktuellt att utföra så kallad rökdykning som i 3 § i Arbetsmiljöverkets föreskrift om rök- och kemdykning (AFS 2007:7) definieras som ”Inträngande i tät brandrök för att rädda liv eller bekämpa brand eller liknande klädd i brandskyddsdräkt och med andningsapparat på.”.

Rökdykning är ett av de mest fysiskt krävande arbetena och undersökningar som genomförts på brandmän har visat att de, under insats, ofta uppvisar långa perioder med hjärtfrekvenser som ligger nära maxpuls samtidigt som en snabb stigning av kroppstemperaturen kan förväntas. Rökdykning ställer därför stora krav på rökdykarnas kondition (AFS 2007:7; Cheung, Petersen, & McLellan, 2010; Fernhall, Fahs, Horn, Rowland, & Smith, 2012; Lusa, Louhevaara, Smolander, Kivimäki, & Korhonen, 1993; Romet & Frim, 1987; Selkirk & McLellan, 2004).

3.3 Arbetsmiljölagstiftning

Av 2 kap. 1 § i arbetsmiljölagen (SFS 1977:1160) framgår att ”Arbetsmiljön skall vara tillfredsställande med hänsyn till arbetets natur och den sociala och tekniska utvecklingen i samhället”. I Arbetsmiljöverkets handbok om arbetsmiljölagen och dess förordning framgår dock att det finns intressen i samhället som är så viktiga att det kan vara motiverat att tillåta lägre krav på arbetsmiljön än vad som normalt är fallet:

> I paragrafen ligger också en påminnelse om att det finns för samhället viktiga verksamhetsfält där förutsättningarna för arbetsmiljön skiljer sig radikalt från andra områden. Man kan här peka på till exempel sådana verksamheter som brandbekämpning, försvar och polisverksamhet. Bestämmelsen innebär att man på sådana områden måste göra en intresseavvägning innan krav på arbetsmiljön ställs i ett enskilt fall. En sådan avvägning kan bland annat innebära att man tar hänsyn till de krav som riksdagen har ställt i andra lagar. De allmänna formuleringarna i arbetsmiljölagen och i Arbetsmiljöverkets föreskrifter ger normalt utrymme för en avvägning, som innebär att både arbetsmiljölagen och andra berörda lagar kan följas samtidigt. (Tägtström, 2014, s. 16)

För att ge en fullständig bild över regelverket som påverkar rökdykaren måste utöver arbetsmiljölagstiftningen därmed även skyldigheten att genomföra räddningsinsatser enligt bestämmelserna i lagen om skydd mot olyckor vägas in.

3.3.1 Arbetsmiljöverkets föreskrifter om rökdykning

Arbetsmiljöverket har med stöd av arbetsmiljölagen och arbetsmiljöförordningen utfärdat föreskrifter om rök- och kemdykning. I dessa föreskrifter regleras rökdykning förhållandevis detaljerat. Av föreskriften framgår att bemanningen vid rökdykning skall bestå av minst en arbetsledare, en rökdykarledare samt två rökdykare. Vid brand eller risk för brand krävs normalt även en pumpskötare (eller avancerad teknisk lösning) som säkerställer att rökdykarna har tillgång till släckvatten för sitt eget skydd (AFS 2007:7).

Rökdykarinsatsen påbörjas vid en baspunkt som utses av arbetsledaren innan rökdykarinsatsen påbörjas. Arbetsledaren ska vidare, innan rökdykarinsatsen påbörjas, genomföra en riskbedömning samt besluta om att rökdykning ska utföras. Till arbetsledarens arbetsuppgifter ingår även att se till att de risker som rökdykarna utsätts för står i rimlig proportion till värdet på det som kan räddas (AFS 2007:7).

Rökdykarledarens arbetsuppgift är att leda rökdykarinsatsen vilket innebär att denne, från baspunkten, ska upprätthålla samband med

rökdykarna samt ge upplysningar och instruktioner till dessa. Rökdykarledaren ska vidare återkalla personalen när den beräknade insatstiden för rökdykningen närmar sig slutet eller om det behövs av annat skäl. Till rökdykarledarens arbetsuppgifter ingår även att, vid en nödsituation, undsätta rökdykarna. Rökdykarledaren får inte tilldelas andra arbetsuppgifter när det pågår en rökdykarinsats (AFS 2007:7).

Rökdykarna ska, utöver själva räddningsuppgiften, arbeta parvis och ha nära kontakt med varandra. De ska vidare rapportera iakttagelser av betydelse för personsäkerheten till rökdykarledaren samt avbryta rökdykarinsatsen vid omedelbar fara eller om någon av rökdykarna känner sig osäker, desorienterad eller onormalt trött. Det åligger även rökdykarna att inte fortsätta längre in än att de hittar ut igen, att se till att reträttvägen är fri samt regelbundet kontrollera trycket i de luftflaskor de bär med sig. När reträtt påbörjas ska de underrätta varandra och rökdykarledaren om detta (AFS 2007:7).

Vid rökdykarinsats ska en tryckluftsapparat med säkerhetstryck normalt användas som andningsskydd. Utöver andningsskydd ska rökdykarna och rökdykarledaren ha en för uppgiften anpassad personlig skyddsutrustning samt tillgång till ett fungerande (radio)kommunikationssystem och inaktivitetslarm. Rökdykarledaren ska dessutom ha tillgång till räddningsluftsslang som kan användas för att dela med sig av sitt eget luftförråd till en kamrat som har dåligt med luft i andningsapparaten (AFS 2007:7).

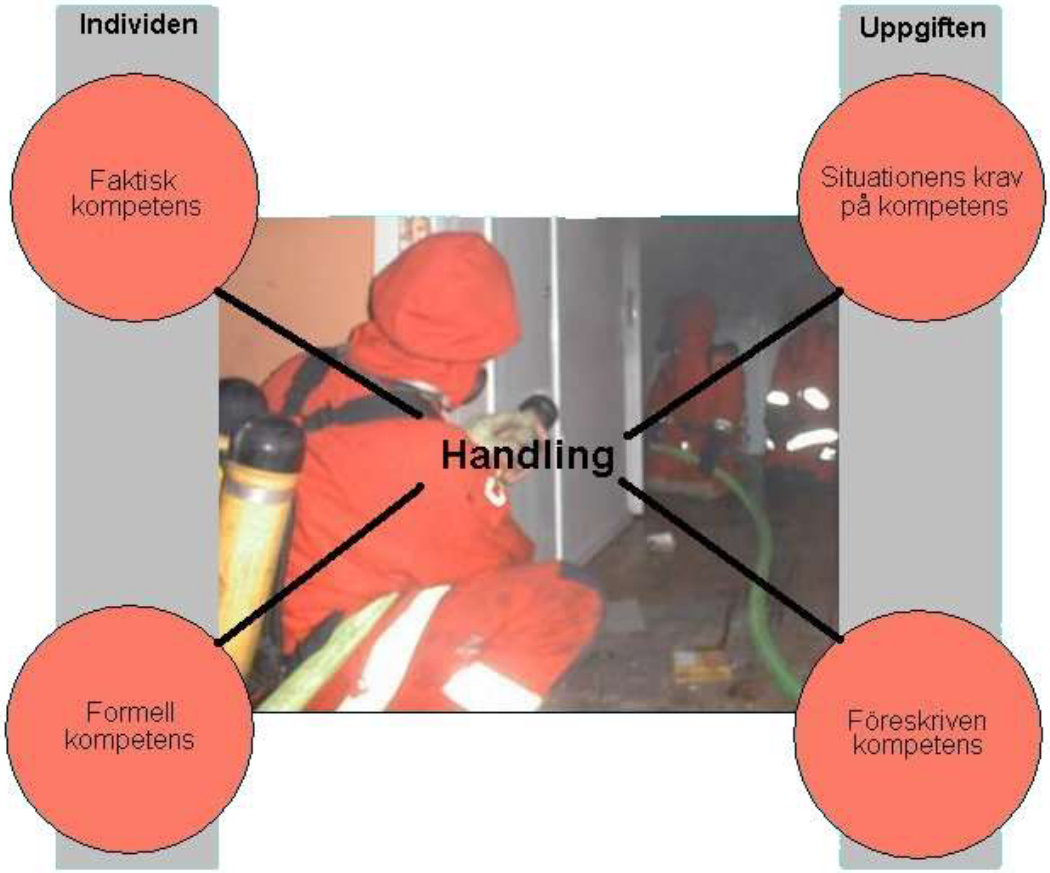
Föreskriften om rök- och kemdykning innehåller, utöver hur arbetet på själva brandplatsen ska organiseras och hur rökdykarna ska vara utrustade, även bestämmelser för vilken utbildning som en person måste genomgå för att få sysselsättas med rök- och kemdykning (AFS 2007:7).

På grund av den fysiska arbetsbelastningen i samband med rökdykning ska rökdykare och rökdykarledare, enligt Arbetsmiljöverkets föreskrifter om medicinska kontroller i arbetslivet (AFS 2005:6), årligen genomgå läkarundersökning med bestämning av fysisk arbetsförmåga samt, beroende på ålder, årligen; vartannat eller vart femte år genomföra arbetsprov med EKG-registrering.

3.4 Kompetensbegreppet

I denna rapport används en av Ydén, Henriksson, Ivarsson, Lindström och Weibull (2000) vidareutvecklad flerdimensionell modell av kompetensbegreppet. I modellen har en uppdelning skett av begreppet i två delar där en del handlar om individen och en del om uppgiften. Den individuella delen har i sin tur delats in i formell kompetens och faktisk

kompetens och på motsvarande sätt har uppgiften delats in i föreskriven kompetens och situationens krav på kompetens, se figur 4.



Figur 4: Ydén et al:s (2000) modell över kompetensbegreppet. Foto: Räddningstjänsten Östra Blekinge.

Modellen är, utifrån ett rökdykningsperspektiv intressant, eftersom de krav som ställs i Arbetsmiljöverkets föreskrifter om rök- och kemdykning (AFS 2007:7) kan ses som den föreskrivna kompetensen och den utbildning som den enskilde rökdykaren genomgått är den formella kompetensen. Den faktiska kompetensen å andra sidan utgörs av individens samlade kunskap, erfarenheter, attityder, engagemang och motivation. Situationens krav på kompetens vid rökdykning sätts av faktorer som exempelvis lokalernas storlek, brandförloppet, temperaturen och sikten. Det är dessa förhållanden som tillsammans med den faktiska kompetensen avgör om rökdykarinsatsen kan ske säkert och effektivt. Ydén et al. (2000) menar att organisationer många gånger lägger stor vikt på den formella kompetensen medan det är en mycket mer komplex uppgift att ta reda på vilka krav som situationen ställer på faktisk kompetens.

4 Metod

Detta kapitel beskriver hur det aktuella arbetet har genomförts.

Grunden för det arbete som har utförts är litteraturstudier som därefter kompletterats med dels en kvantitativ studie där det analyserats vilka typer av insatser som orsakar svårigheter för räddningstjänsterna. Denna kvantitativa analys har därefter kompletterats med fallstudier för att ta reda på orsakerna till att det uppstod svårigheter.

I avsnitt 4.1 beskrivs de litteraturstudier som genomförts avseende MTO- och olycksorsaksmodeller samt ergonomiska aspekter på rökdykning. I avsnitt 4.2 beskrivs hur information har inhämtats avseende tillbud, arbetsskador och rökdykarinsatser. Slutligen, i avsnitt 4.3, återfinns en motivering till varför ”The extended HTO framework” och ”HFACS” har använts vid de analyser av tillbud och arbetsskador som görs senare i denna rapport.

4.1 Litteraturstudier

I syfte att finna lämpliga modeller för att analysera tillbud och arbetsskador i samband med rökdykning har litteraturstudier genomförts avseende MTO- och olycksorsaksmodeller. Dessutom har, i syfte att skapa en förståelse för vilka belastningar som rökdykare utsätts för i sitt arbete, även en litteraturstudie genomförts avseende ergonomiska aspekter på rökdykning.

4.1.1 MTO- och olycksorsaksmodeller

Den litteratursökning avseende MTO- och olycksorsaksmodeller som genomförts syftade till att finna någon eller några lämpliga modeller som kunde användas dels för att analysera rökdykningssituationen som helhet och dels för att analysera inträffade olyckor och allvarliga tillbud. Litteratursökningen inleddes med en sökning i databasen ”Ergonomics abstracts” med de sökord som anges i tabell 1.

Tabell 1: Inledande sökord avseende MTO/olycksförloppsmodeller.

Ord	Synonym(er)
Humans, Technology, Organisation	”Human¤, Technology, Organi?ation” ”People, Technology, Organi?ation” HTO PTO
Interaction	System
Model	Framework
Human Factors	Ergonomics

Syftet med sökningen var inte att göra en fullständig genomlysning av samtliga modeller som finns utan att hitta en tillräckligt bra modell för att kunna svara på frågeställningarna i kapitel 2.1.1. Den inledande sökningen gav totalt 50 stycken olika publikationer och referenserna i dessa publikationer och då främst referenserna i Kim, Baek och Yoon (2010) har använts som en utgångspunkt för att finna ytterligare artiklar inom området.

4.1.2 Rökdykning

Litteratursökningen avseende rökdykning syftade till att finna forskningsartiklar som behandlade ergonomiska aspekter på rökdykning. Förhoppningen var bland annat att finna information som kunde ligga till grund för att bättre analysera varför olyckor och tillbud inträffar i samband med rökdykning. Sökningen skedde i ”Ergonomics abstracts” och ”PubMed” med de inledande sökord som anges i tabell 2Tabell 2.

Tabell 2: Inledande sökord beträffande ergonomiska aspekter på rökdykning.

Ord	Synonym(er)
Firefighter	Fireman
Firefighters	Firemen
BA-operation	”Breathing apparatus operation”, ”smoke diving”
Interior firefighting	”Indoor firefighting”, ”building firefighting”
Ergonomics	”Human factors”

Vid sökningarna hittades fyra stycken artiklar som bedömdes som intressanta för frågeställningarna:

- Physical demands of firefighter search and rescue in ambient environmental conditions (Richmond, Rayson, Wilkinson, Carter & Blacker, 2008),
- Cognitive function following treadmill exercise in thermal protective clothing (Morley et al., 2012),
- Human factors in firefighting: ergonomic-, cardiopulmonary-, and psycogenic stress-related issues (Guidotti, 1992), samt

- The thermal ergonomics of firefighting reviewed (Barr, Gregson & Reilly, 2010).

Utöver ovanstående genomfördes en kompletterande sökning i KTH:s sökverktyg Primo. Sökningen gjordes med söksträngen ”Firefighting NOT 'Fixed firefighting systems'”. De 750 mest relevanta sökträffarna (enligt databasen) av 44844 gicks igenom och totalt sju artiklar bedömdes som relevanta med ledning av rubriken:

- Effect of load carriage on gait due to firefighting air bottle configuration (Park, Hur, Rosengren, Horn & Hsiao-Wecksler, 2010),
- The influence of short-term firefighting activity on information processing performance (Greenlee et al., 2014),
- Core temperature and heart rate response to repeated bouts of firefighting activities (Horn, Blevins, Fernhall & Smith, 2013),
- Physiological and subjective responses to cooling devices on firefighting protective clothing (Chou, Tochihara & Kim, 2008),
- Physiological strain and countermeasures with firefighting (Cheung et al., 2010),
- Acute effects of firefighting on cardiac performance (Fernhall et al., 2012), samt
- Acute effects of firefighting on arterial stiffness and blood flow (Fahs et al., 2011).

Dessa elva artiklar och referenserna i artiklarna har utgjort utgångspunkten för studien.

4.2 Information om inträffade tillbud och arbetsskador

Information om inträffade tillbud och arbetsskador har samlats in på två sätt. Dels genom de tillbuds- och arbetsskadeanmälningar som sänts in till Arbetsmiljöverket men även genom olycksutredningar som finns publicerade på Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps hemsida.

4.2.1 Tillbuds- och arbetsskadeanmälningar

För att få tag på tillbuds- och arbetsskadeanmälningar i samband med rökdykning skickades en begäran om att få ta del av allmän handling till Arbetsmiljöverket. Denna begäran omfattade, som ett första steg, att få ett utdrag (en lista) ur arbetsmiljöverkets diarie där samtliga ärenden avseende ”arbetsskador och tillbud som inträffat i samband med rökdykning under perioden 2002-2014”. Den lista som erhölls från Arbetsmiljöverket innehöll totalt 81 ärenden under perioden 2002-01-01 till 2014-07-17 där ordet ”rökdykning” ingick. Av dessa 81 ärenden bedömdes, med ledning av rubriken, 46 stycken vara relevanta för arbetet, varför handlingarna i dessa ärenden begärdes ut. Vid genomläsning visade det sig att endast 38 av dessa var relevanta för det fortsatta arbetet.

Utöver ovanstående begäran om handlingar från Arbetsmiljöverket har även den kommersiella tjänsten ”Utkiken” utnyttjats för att finna tillbud och arbetsskadeanmälningar[2]. En del av Utkikens affärsidé är att sprida allmänna handlingar, med intresse för de kommunala räddningstjänsterna, som företaget söker upp hos olika myndigheter. Sammanlagt har det hos Arbetsmiljöverket och Utkiken återfunnits 71 stycken ärenden som har bedömts vara relevanta att analysera i detta arbete.

4.2.2 Olycksundersökningar

I ett försök att finna ytterligare information om de inträffade tillbuden och arbetsskadorna har det gjorts en genomgång av de olycksundersökningar som finns publicerade på Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps (MSB:s) hemsida[3]. I tre fall har olycksutredningar hittats utöver anmälningarna till Arbetsmiljöverket och i dessa fall har dessa använts som ett komplement till den anmälan som gjorts till Arbetsmiljöverket vid analysen av tillbudet/olyckan.

För att ytterligare förstå problematiken vid insatser i stora rökfyllda lokaler har även en genomgång gjorts av samtliga olycksundersökningar på MSB:s hemsida som rör insatser vid bränder i parkeringsgarage. Totalt sju stycken olycksundersökningar som rör bränder i parkeringsgarage har hittats.

---

[2] Författarens arbetsgivare abonnerar på tjänster från Utkiken (www.utkiken.net) och författaren har, efter att ha kontaktat Utkiken, fått tillåtelse att använda tjänsten i samband med detta arbete.

[3] www.msb.se/sv/Kunskapsbank/Erfarenheter-fran-olyckor--kriser/Olycksundersokningar/Olycksundersokningar---kommuner/

4.3 Val av MTO- och olycksorsaksmodeller

Valet av MTO- och olycksorsaksmodell har utgått från principerna i Wiegmann & Shappell (2001), se kapitel 3.1.1. Utifrån dessa principer har två modeller valts ut: ”The extended HTO-framework” (se kapitel 3.1.2), som har ett ergonomiskt perspektiv, och ”The Human Factors Analysis and Classification System (HFACS)” (se kapitel 3.1.3), som har ett organisatoriskt perspektiv.

Motiveringen till att välja ”The extended HTO-framework” är att det har bedömts finnas ett behov av att ha en enkel MTO-modell för att analysera rökdykningssituationen samtidigt som denna modell beaktar såväl omgivningsmiljön, kontexten och uppgiften vilket är faktorer som har bedömts vara viktiga i sammanhanget.

Orsaken till att välja olycksorsaksmodellen HFACS är framförallt att modellen bedöms ge ett bra stöd för att analysera tillbud och arbetsskador samtidigt som den bygger på den väletablerade schweizerostmodellen. I jämförelse med schweizerostmodellen är dock HFACS mer detaljerad och ger exempel på bakomliggande orsaker till olyckor för respektive undernivå. Detta har bedömts vara en fördel vid den aktuella undersökningen då det blir lättare att analysera de inträffade tillbuden och arbetsskadorna på ett systematiskt sätt.

Modeller med andra perspektiv än ergonomiskt- och organisatoriskt perspektiv har bedömts vara mindre lämpliga för användning i det aktuella arbetet. I tabell 3 finns kortfattade motiveringar till varför övriga perspektiv har valts bort.

Tabell 3: Modeller som valts bort på grund av att de har ett mindre lämpligt perspektiv.

Modell med	Motivering till att välja bort modeller med detta perspektiv
Kognitivt perspektiv	Dessa modeller betraktar enbart den undersökta personen som ett informationsprocessande system. Eftersom studien syftar till att undersöka arbetssituationen vid rökdykning har det bedömts mycket relevant att väga in hur faktorer som exempelvis rök, hög temperatur och skyddsutrustning påverkar individen vilket inte låter sig göras i modeller med ett kognitivt perspektiv.
Beteendeperspektiv	Modeller med beteendeperspektiv kan inte förklara faktorer som exempelvis glömska eller hur utrustningen påverkar arbetet varför de har bedömts vara olämpliga för analyserna i detta arbete.
Medicinskt perspektiv	Modeller med medicinskt perspektiv försöker finna orsakerna till olyckor och tillbud utifrån fysiologiska och psykologiska faktorer. Med tanke på den miljö som rökdykarna verkar i, den utrustning de bär och det faktum att de genomgår relativt omfattande medicinska och fysiska tester regelbundet gör att modeller med medicinskt perspektiv bedöms vara mindre lämpliga.
Psykosocialt perspektiv	Modeller med psykosocialt perspektiv bedöms vara alltför smalt inriktade för att kunna fånga hela komplexiteten med rökdykarinsatser då dessa modeller fokuserar på samspelet mellan människor som arbetar tillsammans. Detta innebär att modellerna inte kan förklara hur rökdykarna påverkas av den skyddsutrustning som de är beroende av för att kunna verka i den miljö de arbetar.

5 Analys av rökdykningssituationen utifrån ett MTO-perspektiv

För att skapa en struktur för analysen av rökdykningssituationen har Eklunds (2003) modell ”The extended HTO-framework” använts. Vid analysen har interaktionen mellan arbetsaktiviteten rökdykning och miljön, tekniken, organisationen och kontexten analyserats.

Analysen av interaktionen mellan arbetsaktiviteten och de olika komponenterna baseras dels på litteraturstudier avseende rökdykningsergonomi och dels på en analys med HFACS-modellen. Analysen med HFACS-modellen har omfattat de tillbud och arbetsskador som anmälts till Arbetsmiljöverket under 2002-2014, se bilaga 1.

5.1 Arbetsuppgiften

Rökdykning som arbetsmetod används för att rädda personer som är kvar i en brinnande byggnad samt för att släcka en brand i en byggnad (AFS 2007:7). Såväl livräddning som brandsläckning, och därmed också rökdykning, är förenat med stor tidspress. Detta beroende på att sannolikheten för att lyckas rädda en person som är kvar i en brinnande byggnad minskar snabbt med tiden samtidigt som skadorna på byggnaden påverkas av hur snabbt branden kan släckas (Jaldell, 2004). Uppgifter som utförs under stark tidspress kan ge upphov till stress som i sin tur kan leda till ett begränsat intellekt och trångsynthet (Sandahl, 2000) vilket ökar sannolikheten för felaktiga beslut som kan leda till olyckor.

5.2 Miljön

Som exemplet från branden på nattklubben Camel visade (se kapitel 1) så skiljer sig räddningsinsatser från de flesta andra arbeten på så sätt att räddningspersonalen inte har kontroll över sin egen arbetsmiljö. Detta medför att brandmännen i vissa fall inte har möjlighet att påverka den fysiska belastning som de utsätts för. Arbetsmiljön för brandmän har dessutom, till skillnad från de flesta andra arbeten där arbetsmiljön kontinuerligt förbättrats, varit relativt oförändrad eller till och med försämrats till följd av en ökad användning av konstgjorda material som utvecklar farliga ämnen vid brand och leder till snabbare brandförlopp (Davis & Dotson, 1987; Jones, McMullen, & Dougherty, 1987; Kerber, 2012).

I samband med rökdykning utsätts rökdykarna för ett flertal olika typer av risker: Termiska risker som kan vara flammor, höga temperaturer och värmestrålning; kemiska risker till följd av giftiga, frätande och hälsofarliga ämnen i brandgaserna; fysiska risker som hastiga

brandförlopp, explosioner, risk för fall, nedfallande byggnadsdelar, vassa föremål och elledningar. Den nedsatta eller obefintliga sikten kan dessutom medföra att farorna i vissa fall är mycket svårare än normalt att upptäcka (AFS 2007:7; Mäkinen, 2005).

5.2.1 Inomhusbranden och brandförloppet

Bränder kan uppstå och utvecklas på många olika sätt men det är ändå möjligt att på en generell nivå beskriva hur en brand uppstår och utvecklas (Bengtsson, 2001). Ett sätt att beskriva en brand är att dela in den i fem olika faser: Antändning, tillväxt, övertändning, fullt utvecklad brand och avsvalning (Thomas & Walton, 1995).

En brand startar med att ett bränsle antänds genom att det utsätts för öppen låga eller genom att det värms upp så mycket att det självantänder (Karlsson & Quintiere, 2002). Denna antändning leder till att en kemisk reaktion mellan bränslet och luftens syre börjar och i samband med detta frigörs värmeenergi (Drysdale, 1985). Den värmeenergi som frigörs kommer att värma upp ytorna på intilliggande material och om dessa ytor blir tillräckligt varma börjar de avge brännbara gaser som i sin tur kan antändas genom en sticklåga från branden eller genom självantändning. När dessa intilliggande material antänds, kommer ytterligare värmeenergi att frigöras vilket leder till övriga ytor i rummet värms upp ännu mer vilket i sin tur leder till att fler föremål antänds och så vidare. Till slut når man det som betecknas som övertändning vilket är en snabb övergång till ett tillstånd där alla brännbara ytor i ett rum brinner. Efter att övertändning inträffat talar man om en fullt utvecklad brand, se figur 5, och temperaturen i rummet uppgår då till ungefär 500-600°C (Karlsson & Quintiere, 2002).

Figur 5: Villa med fullt utvecklad brand i ett rum på övre plan
(Foto: Räddningstjänsten Östra Götaland).

Det är dock inte alla bränder som kommer leda till övertändning (Bengtsson, 2001) och statistik från de kommunala räddningstjänsterna i Sverige visar att ungefär en fjärdedel av alla bränder som räddningstjänsterna i Sverige larmades till under perioden 1998-2013 antingen hade självslocknat eller släckts av allmänheten innan räddningstjänstens framkomst till platsen (Myndigheten för samhällskydd och beredskap, u.å.).

Om branden kommer att tillväxa eller självslockna är beroende av ett flertal faktorer. Bland de viktigaste är vilka bränslen som är inblandade, hur tillgången på syre ser ut i lokalen, hur bränslet är ordnat geometriskt samt hur det omgivande rummet ser ut. Om förbränningen i branden sker som lågor eller som en glödbrand har även det betydelse. Vid en glödbrand produceras ofta förhållandevis stora mängder brandgaser (rök) men värmeutvecklingen är ofta måttlig vilket får till följd att en sådan brand ofta sprider sig långsammare än en brand med öppna lågor samtidigt som den minskade syrehalten i luften till följd av branden kan leda till att den självslocknar. Brandens avsvalningsfas inträder när mängden brännbart material i rummet, till följd av branden, börjar ta slut varpå temperaturen i rummet kommer att sjunka (Karlsson & Quintiere, 2002).

Brandgaserna (brandröken) innehåller ett stort antal ämnen med hälsoskadliga egenskaper. Bland dessa ämnen bör nämnas kolmonoxid (CO) som är en vanlig orsak till dödsfall i samband med bränder då en halt om 1 % är dödlig vid en minuts inandning. I vissa ogynnsamma fall kan kolmonoxidhalten vid bränder uppgå till 15 %. Utöver de giftiga

egenskaperna innehåller brandgaserna förhållandevis stora mängder (brännbara) oförbrända kolväten. Dessa brännbara ämnen kan leda till att brandgaserna antänds och förbränns om de blandas med syre vilket i sin tur kan leda till snabb, och ibland oväntad, brandspridning (Bengtsson, 2001). En sådan antändning av brandgaserna kan vara en bidragande orsak till den olyckliga utgången vid branden i nattklubben Camel.

Under vissa speciella betingelser kan oförbrända brandgaser dessutom ge upphov till två, för rökdykare, mycket farliga fenomen: ”backdraught” och brandgasexplosion och det är därför viktigt för räddningspersonalen att vara uppmärksam på om det finns förhållanden som skulle kunna ge upphov till dessa fenomen. Brandgaserna innehåller även oförbrända kolpartiklar (sot) vilket är orsaken till att sikten i brandgaserna ofta är starkt begränsad (Bengtsson, 2001).

Temperaturen vid rökdykning, och även arbetsmiljön i övrigt, varierar beroende på när i tillväxtfasen insatsen görs, brandens tillväxthastighet, vilka ämnen som brinner, byggnadens konstruktion med mera. Normalt varierar temperaturen vid rökdykning mellan 38°C och 66°C men temperaturer över 200°C kan förekomma i vissa fall (Romet & Frim, 1987).

5.2.2 Psykologiska effekter av hög värme

Arbete i en varm miljö skapar en högre belastning på kroppen än arbete i en normal temperatur vilket kan leda till en förhöjd kroppstemperatur som i sin tur påverkar kognitionen och beteendet på ett sådant sätt att risken för misstag och olyckor ökar (Cheung, McLellan, & Tenaglia, 2000; Smith & Petruzzello, 1998; Wu & Wang, 2001).

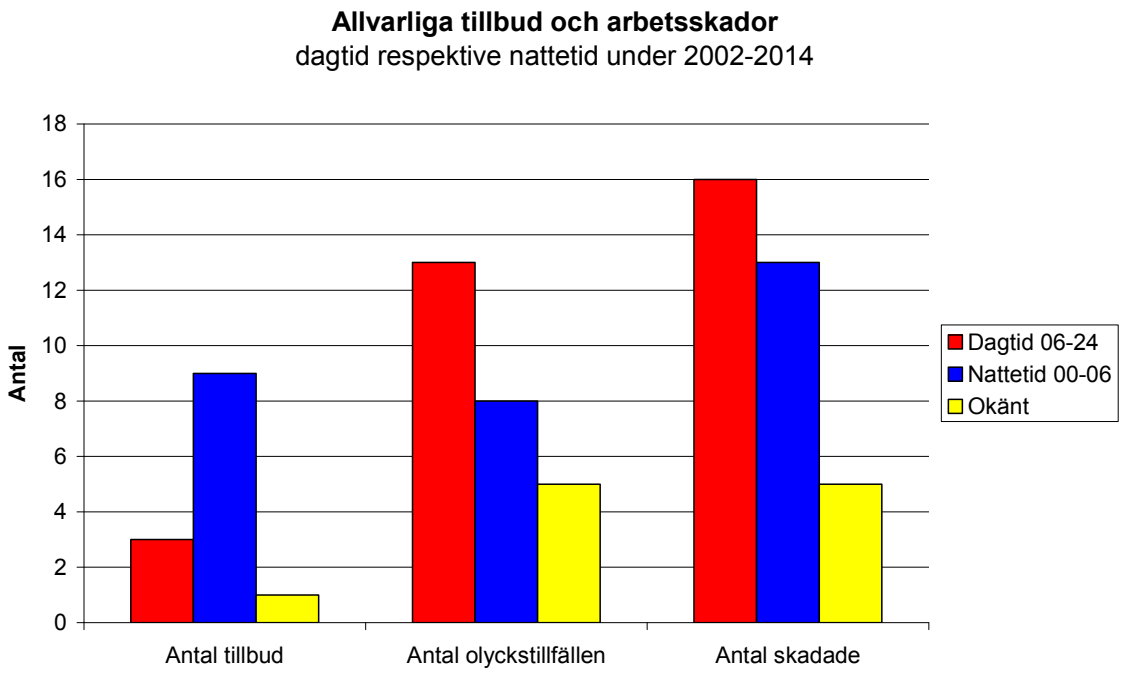
Greenlee et al. (2014) fann, efter försök med 20 amerikanska brandmän där olika simulerade brandsläckningsuppgifter utfördes under cirka 18 minuter i en omgivningstemperatur som varierade mellan 71-82°C i brösthöjd och 35-41°C vid golvnivå, att det omedelbart efter utfört simulerat arbete fanns signifikanta störningar i bland annat perceptionen hos de undersökta brandmännen. Försöken visade vidare att reaktionstiden sjunker i samband med kortare perioder av inomhusbrandsläckning och ligger kvar på denna låga nivå i 7-10 minuter efter avslutad uppgift. Denna sänkning av reaktionstiden hjälper sannolikt brandmännen att utföra rutinuppgifter snabbare och effektivare än normalt. Samtidigt uppstod dock störningar i brandmännens förmåga att reagera på ovanliga stimuli vilket kan påverka brandmännens förmåga negativt, speciellt om det uppstår en oväntad situation. Andra undersökningar har visat att vältränade individer som utför arbete under

värmebelastning inte uppvisar någon signifikant försämring av den kognitiva förmågan omedelbart efter arbetet men att det uppstår försämringar av korttidsminnet och reaktionstiden ungefär en timme efter avslutat arbete vilket kan vara en risk om det genomförs upprepade insatser (Morley et al., 2012).

5.2.3 Larm nattetid

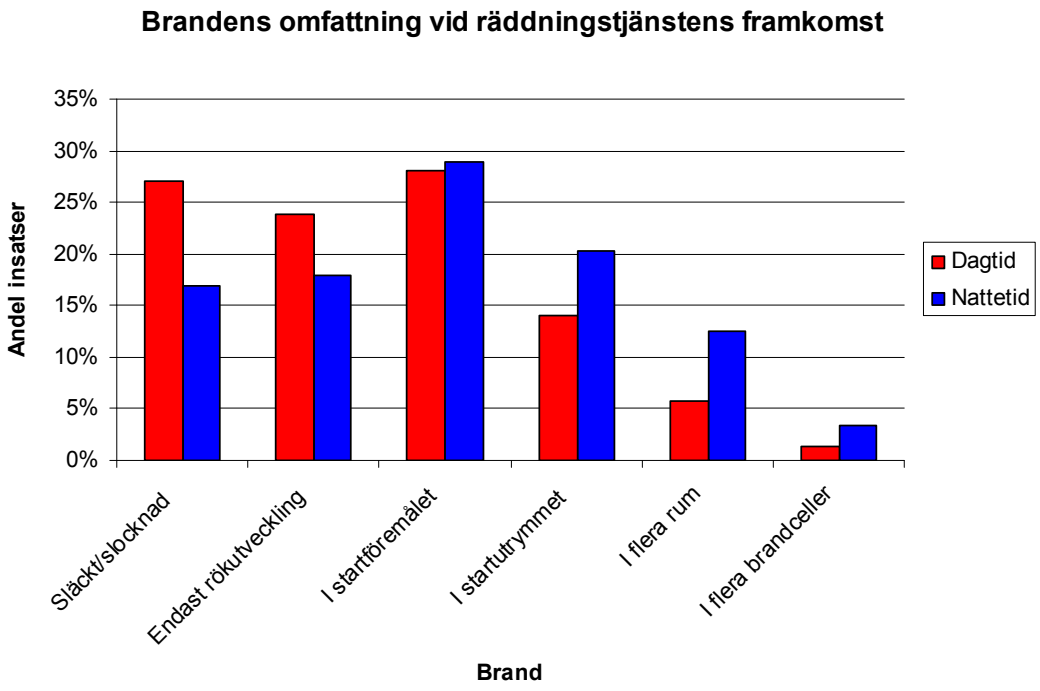
Eftersom det är omöjligt att på förväg förutse när räddningspersonalen kommer att få ett larm innebär detta ofta att brandmännen nattetid utsätts för ett plötsligt uppvaknande. Inom sömnforskningen används begreppet ”sleep inertia” (sömntröghet) och med detta avses att kognitiva funktioner samt prestations- och reaktionsförmågan är försämrade omedelbart efter att person vaknar. Forskning har visat att förmågan att fatta beslut är försämrad i minst 30 minuter efter ett plötsligt uppvaknande även om de största effekterna fås de första tre minuterna (Bruck & Pisani, 1999; Oken, Salinsky & Elsas, 2006). I vissa fall har sömntröghet kunnat observeras i flera timmar efter uppvaknandet (Matchock & Mordkoff, 2007).

Rökdykarinsatsen på nattklubben Camel, se kapitel 1, är ett exempel på en insats nattetid då det uppstått ett allvarligt tillbud eller skador på personalen. Då anmälningarna till Arbetsmiljöverket om allvarliga tillbud och arbetsskador under perioden 2002-2014 analyserades med HFACS-metoden framkom att 9 av 12 tillbud och 8 av 21 arbetsskador inträffade mellan klockan 00:00 och 05:59, se figur 6. I sammanhanget bör dock nämnas att det under den undersökta perioden inträffade ungefär fem gånger så många bränder dagtid som nattetid.



Figur 6: Antal allvarliga tillbud och arbetsskador i samband med rökdykning som inträffat dagtid respektive nattetid.

Brandens omfattning vid räddningstjänstens ankomst skiljer sig även åt mellan bränder dagtid och nattetid, se figur 7. Detta förhållande kan, utöver sömntrögheten, påverka sannolikheten för att en rökdykare ska komma att skadas.



Figur 7: Brandens omfattning vid räddningstjänstens framkomst (Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, u.å.).

5.2.3.1 Beräkning av signifikansnivåer

Med anledning av ovanstående och det faktum att räddningsinsatser är en verksamhet som kan pågå under dygnets alla timmar bedömdes det som intressant att se om det finns någon signifikant skillnad i frekvensen av tillbud och olyckor mellan olika tider på dygnet. Med hjälp av χ^2-metoden (chi²-metoden) har detta beräknats enligt följande:

$$\chi^2 = \sum \frac{(f_i - E(f_i))^2}{E(f_i)} \qquad \text{(Körner, 1996)}$$

Där f_i är det observerade värdet och $E(f_i)$ det förväntade värdet.

Följande indata har använts för att beräkna χ^2 värdet för tillbud:

Tidpunkt	Antal insatser med tillbud	Antal insatser utan tillbud	Totalt antal insatser vid brand i byggnad[4]
Dagtid (06:00-23:59)	3	111 091	111 094
Nattetid (00:00-05:59)	9	21 848	21 857
Totalt	12	132 939	132 951

De förväntade värdena har beräknats enligt följande:

Tidpunkt	Förväntat antal insatser med tillbud	Förväntat antal insatser utan tillbud
Dagtid	$111094 \cdot \frac{12}{132951} = 10{,}0$	$111094 \cdot \frac{132939}{132951} = 111084$
Nattetid	$21857 \cdot \frac{12}{132951} = 2{,}0$	$21857 \cdot \frac{132939}{132951} = 21855$
Totalt	12	132 939

Detta leder till att χ^2-värdet kan beräknas:

$$\chi^2_{tillbud} = \frac{(3-10)^2}{10} + \frac{(9-2)^2}{2} + \frac{(111091-111084)^2}{111084} + \frac{(21848-21855)^2}{21855} = 29{,}8$$

Följande indata har använts för att beräkna χ^2 värdet för antal arbetsskadetillfällen:

Tidpunkt	Antal insatser med arbetsskada	Antal insatser utan arbetsskada	Totalt antal insatser vid brand i byggnad[4]
Dagtid (06:00-23:59)	13	111 081	111 094
Nattetid (00:00-05:59)	8	21 849	21 857
Totalt	21	132 930	132 951

[4] Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (u.å.)

De förväntade värdena har beräknats enligt följande:

Tidpunkt	Förväntat antal insatser med arbetsskada	Förväntat antal insatser utan arbetsskada
Dagtid	$111094 \cdot \frac{21}{132951} = 17{,}55$	$111094 \cdot \frac{132930}{132951} = 111076$
Nattetid	$21857 \cdot \frac{21}{132951} = 3{,}45$	$21857 \cdot \frac{132930}{132951} = 21853$
Totalt	21	127 455

Detta leder till att χ^2-värdet kan beräknas:

$$\chi^2_{tillfällen} = \frac{(13-17{,}55)^2}{17{,}55} + \frac{(8-3{,}45)^2}{3{,}45} + \frac{(111081-111076)^2}{111076} + \frac{(21849-21853)^2}{21853} = 7{,}18$$

För att få fram lämpliga indata till för att kunna beräkna χ^2 värdet för antal skadade rökdykare har utgångspunkten varit att det sker cirka 3200 rökdykarinsatser per år (AFS 2007:7) vilket under perioden 2002-2014 skulle innebär att det sammanlagt genomförts ungefär 38 400 rökdykarinsatser. Det har vidare antagits att två rökdykare varit insatta i varje insats (eftersom rökdykning sker parvis) samt att sannolikheten för att en rökdykarinsats har genomförts, givet att en brand inträffat, är lika stor dagtid som nattetid vilket leder till följande:

$$antal\ rökdykarinsatser\ dagtid = antal\ rökdykarinsatser \cdot \frac{brand\ i\ byggnad\ dagtid}{brand\ i\ byggnad\ totalt} = 38400 \cdot \frac{111094}{132951} = 32087$$

$$antal\ rökdykarinsatser\ nattetid = antal\ rökdykarinsatser \cdot \frac{brand\ i\ byggnad\ nattetid}{brand\ i\ byggnad\ totalt} = 38400 \cdot \frac{21857}{132951} = 6313$$

$$antal\ oskadade\ rökdykare = 2 \cdot antal\ rökdykarinsatser - antal\ skadade\ rökdykare$$

Tidpunkt	Antal skadade	Antal oskadade	Totalt antal insatta rökdykare
Dagtid (06:00-23:59)	16	64 158	64 174
Nattetid (00:00-05:59)	13	12 613	12 626
Totalt	29	76 771	76 800

De förväntade värdena har beräknats enligt följande:

Tidpunkt	Förväntat antal skadade	Förväntat antal oskadade
Dagtid	$64174 \cdot \frac{29}{76800} = 24{,}23$	$64174 \cdot \frac{76771}{76800} = 64150$
Nattetid	$12626 \cdot \frac{29}{76800} = 4{,}77$	$12626 \cdot \frac{76771}{76800} = 12621$
Totalt	29	76 772

Detta leder till att χ^2-värdet kan beräknas:

$$\chi^2_{skadade} = \frac{(16-24{,}23)^2}{24{,}23} + \frac{(13-4{,}77)^2}{4{,}77} + \frac{(64174-64150)^2}{64150} + \frac{(12613-12621)^2}{12621} = 17{,}0$$

I samtliga fall gäller att antalet frihetsgrader, $n = 1$, vilket innebär att sannolikhetsvärdet, *P,* (som uttrycker hur stor sannolikheten är för att resultaten erhållits enbart av slumpen) kan fås ur en tabell eller motsvarande[5]. För de aktuella χ^2-värdena har följande sannolikhetsvärden, P, erhållits:

För tillbud: $P_{tillbud} = 4{,}8 \cdot 10^{-8}$

För arbetsskadetillfällen: $P_{tillfällen} = 0{,}0073$

För antal skadade: $P_{skadade} = 3{,}74 \cdot 10^{-5}$

5.2.3.2 Resultat av beräkningarna

Beräkningarna i föregående avsnitt har visat att:

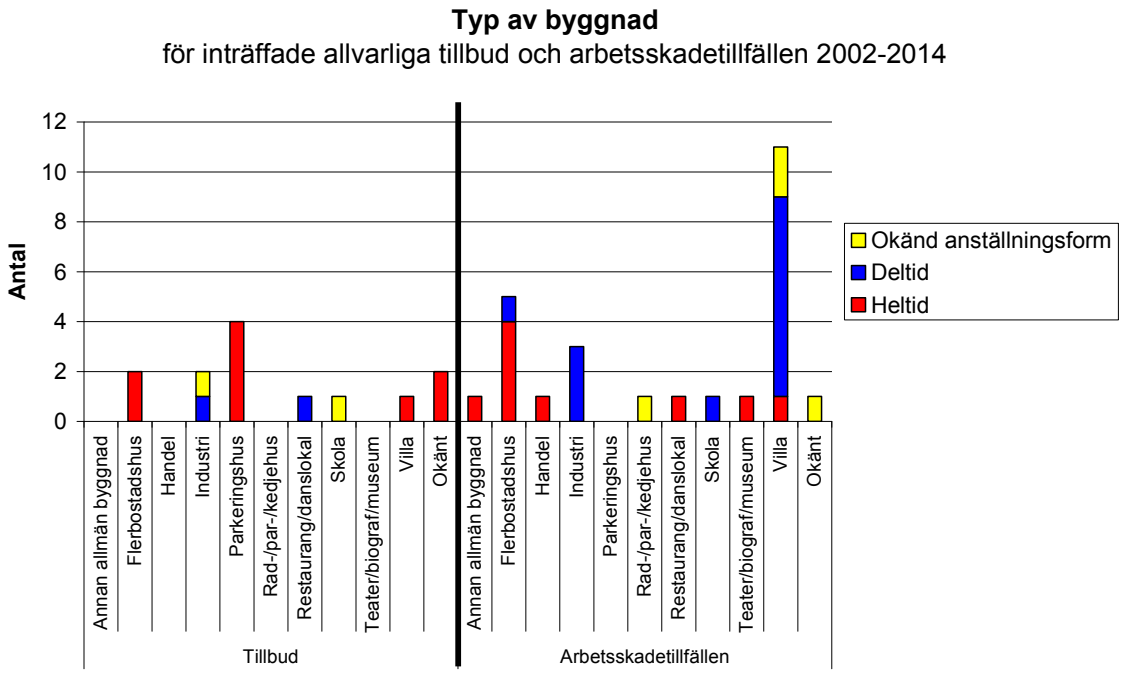
- Högst signifikant (P<0,1%) fler tillbud inträffar i samband med rökdykning nattetid (klockan 00:00-05:59) än dagtid (06:00-23:59).
- Signifikant (0,1%≤P<1%) fler tillfällen då rökdykare skadar i samband med rökdykning inträffar nattetid än dagtid.
- Högst signifikant (P<0,1%) fler rökdykare skadar sig nattetid än dagtid.

[5] I detta fall har kommandot ”CHI2FÖRD” i datorprogrammet Microsoft Excel använts för att få fram sannolikhetsvärdet.

5.2.4 Byggnaden

Hur byggnaden är utformad har stor betydelse för brandmännens säkerhet och de svenska byggreglerna innehåller bland annat bestämmelser kring hur lång bärighet som byggnaden och olika byggnadsdelar ska ha i händelse av brand, vilka ytskikt som får användas i olika typer av lokaler, krav på indelning i brandceller samt krav på brandgasventilation. Kraven på byggnadens bärighet har stor betydelse för rökdykarnas säkerhet och kraven varierar beroende på hur många våningar byggnaden har och vilken verksamhet som bedrivs. Generellt kan sägas att byggnader med tre eller flera våningsplan ska klara minst 60 minuter brand innan de får kollapsa. För byggnader med färre än tre våningsplan varierar bärigheten beroende på verksamhet och exempelvis behöver vissa typer av industribyggnader inte ha någon bärighet alls i samband med brand vilket innebär att de tillåts kollapsa så snart utrymningen av byggnaden beräknas vara avslutad. För småhus (villor) gäller att bärigheten ska upprätthållas i minst 15 minuter (Uneram, 2009). Trots detta skadades elva rökdykare under perioden 2002-2014 som en följd av att de antingen trampat eller fallit genom brandpåverkade bjälklag eller skadats av byggnadsdelar som fallit ned som en följd av branden. I de flesta fallen, som rörde insatser i villor, har det bedömts vara möjligt för arbetsledaren att förutse att bärigheten i byggnaden kunde vara försvagad. Detta då bränderna har varit mycket omfattande vid framkomst. I de övriga fallen, som rörde insatser i andra byggnader än villor, har det bedömts vara mycket svårt för arbetsledaren att förutse de ras som inträffat.

I syfte att ta reda på i vilka typer av byggnader som allvarliga tillbud och arbetsskador inträffar i samband med rökdykarinsatser har de anmälningar som gjorts till Arbetsmiljöverket under perioden 2002-01-01 till 2014-07-17 analyserats med avseende på i vilken typ av byggnad de har inträffat. Det har visat sig att de flesta arbetsskadorna har inträffat i samband med insatser i villor följt av flerbostadshus och industrier, se figur 8. De flesta tillbuden har skett i parkeringshus.



Figur 8: Antal anmälda allvarliga tillbud och arbetsskador per byggnadstyp.

Av Figur 8 framgår att deltidsbrandmän i huvudsak har skadats i samband med villabränder medan bränder i flerbostadshus orsakat flest arbetsskador bland heltidsbrandmän. Diagrammet ger dock inte en helt rättvisande bild eftersom det sker exempelvis sker cirka 34 gånger fler insatser i villor än i parkeringsgarage. I tabell 4 och tabell 5 redovisas därför antalet allvarliga tillbud respektive arbetsskadetillfällen per 10 000 insatser för olika byggnadstyper. Observera dock att tabellerna bygger på ett mycket litet antal tillbud och arbetsskadetillfällen.

Tabell 4: Antal tillbud i samband med rökdykning, i olika byggnadstyper, per 10 000 räddningsinsatser.

Byggnadstyp	Antal per 10 000 insatser
Parkeringshus	39,5
Restaurang/danslokal	11,7
Skola	4,34
Industri	3,01
Flerbostadshus	1,25
Villa	0,29

Tillbud är således drygt tre gånger vanligare i parkeringshus än i den byggnadstyp där allvarliga tillbud är näst vanligast (restaurang/danslokal) om hänsyn tas till antal genomförda insatser.

Tabell 5: Antal arbetsskadetillfällen i samband med rökdykning, i olika byggnadstyper per 10 000 räddningsinsatser.

Byggnadstyp	Antal per 10 000 insatser
Teater/biograf/museum	55,3
Restaurang/danslokal	11,7
Annan allmän byggnad	10,3
Rad-/par-/kedjehus	9,0
Handel	8,2
Industri	4,5
Skola	4,3
Villa	3,2
Flerbostadshus	3,1

Om hänsyn tas till antalet insatser som utförs i respektive byggnadstyp har således flest arbetsskadetillfällen inträffat i ”teater/biograf/museum” (55,3 skadetillfällen / 10 000 insatser). För de fem översta byggnadstyperna i tabellen har dock endast en arbetsskada inträffat i respektive byggnadstyp samtidigt som antalet insatser är relativt få varför dessa värden är behäftade med en mycket stor osäkerhet.

5.3 Tekniken

Rökdykarna är beroende av omfattande skyddsutrustning för att kunna verka i den miljö som rökdykning sker i men även annan utrustning som exempelvis värmekameror används för att underlätta rökdykarnas arbete.

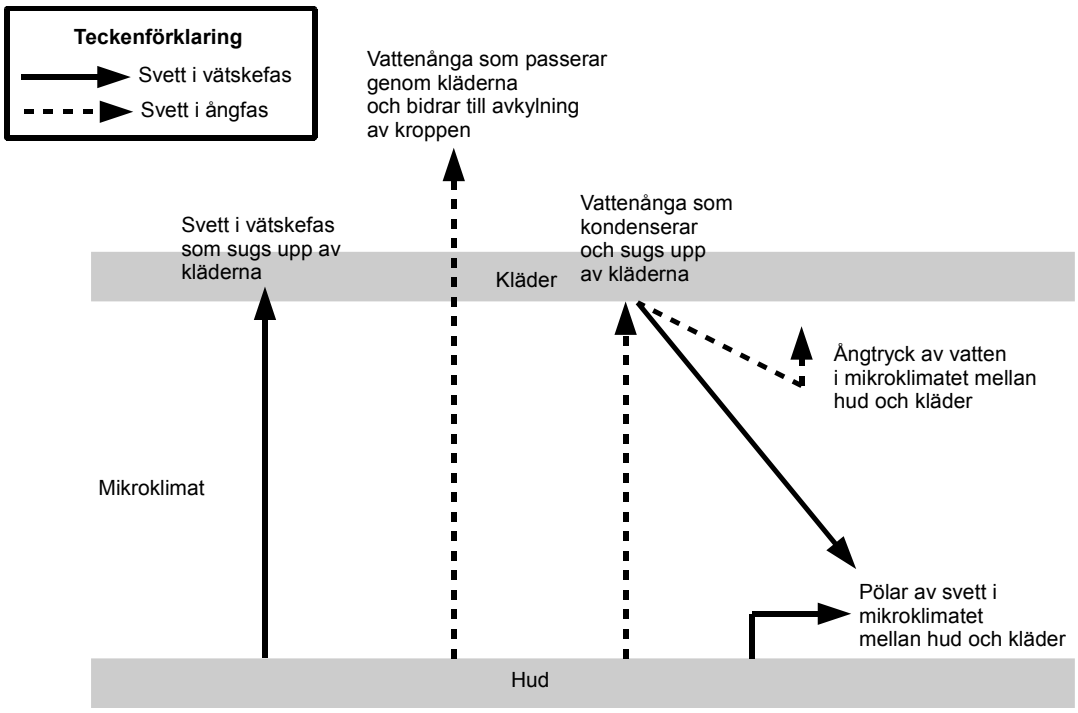
5.3.1 Skyddsutrustning

För att få ett (visst) skydd mot de olika riskerna i omgivningsmiljön bär rökdykarna en personlig skyddsutrustning bestående av hjälm, brandskyddsdräkt och andningsskydd i form av en tryckluftsapparat (AFS 2007:7). På grund av skyddsutrustningens vikt, hur den begränsar rörelsefriheten, värmeisoleringen i kläderna, friktion mellan olika lager av kläder samt ökat andningsmotstånd till följd av användning av andningsskydd kommer rökdykarnas maximala arbetsförmåga att sänkas med ungefär 25 % i en termoneutral miljö jämfört med om det hade varit möjligt att utföra arbetet i ”vanliga kläder” (Louhevaara, Ilmarinen, Griefahn, Künemund, & Mäkinen, 1995).

5.3.1.1 Brandskyddsdräkten

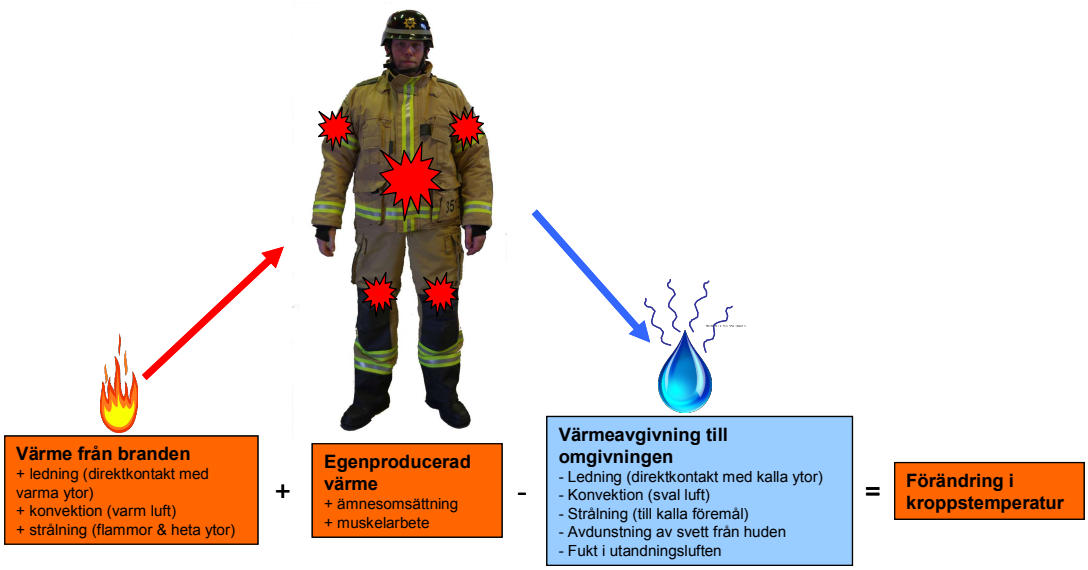
En modern brandskyddsdräkt består i regel av ett flamtåligt yttermaterial, ett värmeisolerande lager samt en fuktspärr och dessa dräkter ger ett förhållandevis gott skydd vilket gör att brännskador är relativt ovanliga. Det höga skyddet har dock ett pris i form av att dräkten är förhållandevis tung (Bakri , Lee, Nakao, Wakabayashi & Tochihara, 2012) samtidigt som dräkten, eftersom den ska isolera mot värmen från

branden, kommer att stänga inne den värme som rökdykaren själv genererar i samband med fysiskt arbete. Dessutom bidrar ångmotståndet i dräkten till att avdunstningen av svett från huden försvåras vilket i sin tur minskar den kylande effekten av svettning, se figur 9.



Figur 9: Transport av svett från huden till omgivningen vid användning av brandskyddsdräkt (Cheung et al., 2010).

Sammantaget leder detta till att kroppens förmåga att reglera kroppstemperaturen minskar vilket i sin tur kan leda till en ökning av kroppstemperaturen, se figur 10 (Bakri et al., 2012; Cheung et al., 2000; Graveling & Hansson, 2000; Horrocks, 2005; Selkirk & McLellan, 2004). Detta är sannolikt en starkt bidragande orsak till dödsfallet i samband med rökdykarinsatsen på nattklubben Camel i Norrköping som beskrevs i kapitel 1 speciellt med tanke på att den omkomne rökdykaren hade genomfört arbete i brandskyddsdräkt i cirka 15 minuter innan den aktuella rökdykarinsatsen påbörjades.



Figur 10: Värmebalansen vid arbete i brandskyddsdräkt. Om värmtillförseln från omgivningen och den värme som bildas vid muskelarbete är större än värmeavgivningen till omgivningen stiger kroppstemperaturen (Havenith, 2002).

Dräktens passform är även den ibland en orsak till irritation eller till att skador uppstår. Ett vanligt problem med larmställ är att det uppstår glipor mellan ställets ärmar och de handskar som bärs. Dessa glipor kan i en rökdykarsituation leda till brännskador på handlederna och ett vanligt sätt att lösa problemet är att ställen förses med ett hål för tummen som gör att ärmarna inte kan åka upp. Detta kan dock medföra nya problem som att det inte går att sträcka ut armen helt då ärmen är för kort. Andra problem som rapporterats med larmställ är att byxorna är för smala för att tillåta den ökning av lårens tvärarea som uppstår när brandmännen sitter på huk eller står på knä, otillräcklig benlängd, felplacerade knäskydd samt, för larmställ av overalltyp, att ryggen är för kort. I en studie där 746 brittiska brandmän deltog rapporterades att larmställ av overalltyp ofta hade problem med passformen samt att brandmännen föredrog larmställ med kort jacka och högre byxor, se figur 11, framför mer traditionella ställ med rock och lägre byxor, se figur 12 (Graveling & Hansson, 2000). Det finns dock nackdelar med larmställ av jacktyp då den europeiska standarden EN 469 föreskriver att det ska finnas ett 30 cm stort överlapp mellan larmställets jacka och byxor för att förhindra att det uppstår en glipa som kan leda till brännskador. I fallet med jacka kommer detta område med dubbla skikt högre upp på kroppen jämfört med en rock vilket försvårar värmeavgivningen från överkroppen (Stirling, 2000).

Figur 11: Modern brandskydds-dräkt med jacka och byxa.

Figur 12: Äldre brandskydds-dräkt med rock och byxa.

Kvinnliga brandmän är särskilt drabbade av illasittande brandskyddsdräkter då många modeller enbart är anpassade för män vilket kan leda till att larmstället sitter för tajt på vissa delar av kroppen vilket i sin tur försämrar isolationsförmågan och ökar sannolikheten för brännskador (Stirling, 2000.).

5.3.1.2 Tryckluftsapparaten

Tryckluftsapparaten (andningsskyddet) består av en eller flera tryckluftsflaskor som fästs på en ryggplatta som sedan bärs på ryggen av rökdykaren med hjälp av axelremmar och ett höftbälte, se figur 13. Genom flera ventiler styrs, beroende på hur mycket rökdykaren andas, lufttillförseln till en helmask som rökdykaren bär över ansiktet. För att skydda mot inläckning av brandgaser i händelse av att masken är otät råder alltid ett visst övertryck i masken i förhållande till omgivningen (Bakri et al., 2012).

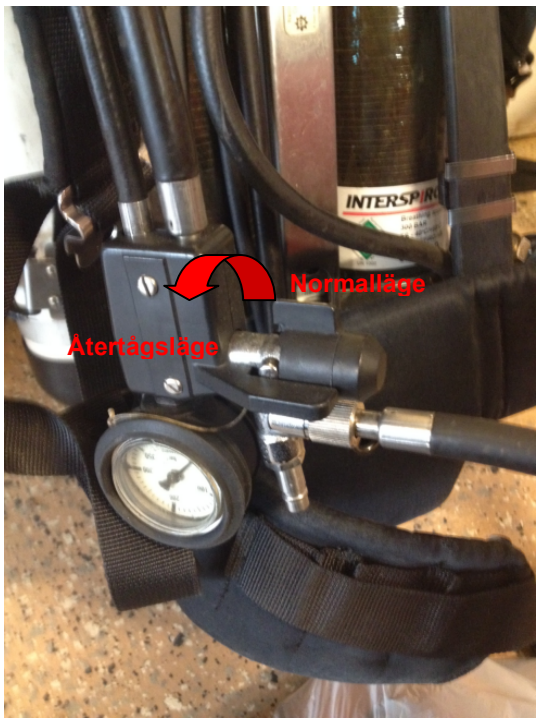
Figur 13: Rökdykargrupp med påtagna andningsskydd
(Foto: Räddningstjänsten Östra Blekinge)

Studier har visat att brandmän som använder tryckluftsapparat har 2,8 - 4,0 gånger större risk att skadas till följd av fall jämfört med brandmän som inte använder tryckluftsapparat. Det är i dagsläget oklart exakt vad som är orsaken till detta men det har föreslagits två olika hypoteser. Den första hypotesen är att användningen av en helmask begränsar siktfältet och därmed försämrar sinnesintrycken från synsinnet vilket medför att den som använder andningsskyddet får svårare att bibehålla kroppshållningen. Den andra hypotesen är att det sker en tyngdpunktsförskjutning till följd av tryckluftsapparatens vikt (Kong, Suyama, Cham, & Hostler, 2012).

Bland anmälningarna om arbetsskador till Arbetsmiljöverket återfinns två händelser, varav en i samband med övning, där rökdykare som använt tryckluftsapparat okontrollerat har fallit nedför trappor på grund av att de misstagit en nedåtgående trappa för en uppåtgående, se tabell 6 i bilaga 2. Detta indikerar att andningsskyddet tycks ha en negativ påverkan på perceptionen.

En av de vanligast förekommande tryckluftsapparaterna på den svenska marknaden är Interspiro Spiromatic. Detta andningsskydd är försett med en ”reservluftsventil”, se figur 14, som ska varna rökdykarna att luften börjar ta slut. Ventilen aktiveras när trycket i luftflaskorna är ungefär 55 bar och detta medför att lufttillförseln i slutet av varje inandningsfas bryts vilket successivt ger kortare inandningsfaser till dess att lufttillförseln stängs helt. För att återställa apparaten till det normala måste reservluftsventilen ställas i ett så kallat ”återtågsläge” (Interspiro, u.å.). På senare år har detta andningsskydd fått ett förbättrat bärställ vilket

dock har medfört att infästningen för reservluftsventilen skiljer sig åt jämfört med tidigare modeller. Under en period fanns även reservluftsventiler som manövrerades åt motsatt håll, i förhållande till de tidigare ventilerna, vilket medför en ökad olycksrisk speciellt om organisationen har de båda varianterna samtidigt.



Figur 14: Nuvarande utformning av reservluftsventil.

Bland de anmälningar som gjorts till Arbetsmiljöverket finns ett allvarligt tillbud rapporterat där en deltidsbrandman vid övning, till följd av den nya ventilen, inte lyckades ställa apparaten i återtågsläget utan tvingades lätta på masken för att få luft och därmed inandades rök.

5.3.1.3 Inaktivitetslarm

Inaktivitetslarm (eller passivitetslarm) är en teknisk anordning som med en ljudsignal larmar om en rökdykare inte rört sig under en viss tid, till exempel som en följd av fall eller medvetslöshet (AFS 2007:7). Denna ljudsignal underlättar för andra personer att lokalisera den medvetslöse rökdykaren.

Inaktivitetslarmen fästs oftast på tryckluftsapparaten och aktiveras normalt när tryckluftsapparaten lyfts ur fordonet genom att en aktiveringsanordning är fäst i fordonet dras loss alternativt kan larmet aktiveras när flaskventilen på tryckluftsflaskan öppnas.

I vissa fall kan onödiga larm erhållas från inaktivitetslarmen om larmets bärare till exempel står stilla för lång tid.

5.3.2 Övrig utrustning

Utöver den personliga skyddsutrustningen använder rökdykarna även annan utrustning som påverkar arbetsmiljön.

5.3.2.1 Värmekameror

Värmekameror eller IR-kameror detekterar värmestrålning (infrarött ljus) från objekt med olika temperatur och åskådliggör den på en bildskärm. Eftersom det infraröda ljuset kan färdas genom röken bättre än synligt ljus kan kamerorna användas för att lokalisera bränder eller saknade personer i tät brandrök (Widmann & Duchez, 2004), se figur 15.

Figur 15: Värmekamera med "hot-spot-funktion" vilket innebär att temperaturer högre än 250°C (d.v.s. sannolik brand) markeras med avvikande färg (röd). Foto: Räddningstjänsten Östra Blekinge

De problem som kan uppstå med värmekameror är att omgivningstemperaturen kan bli så hög att kameran detekterar maximal värme överallt vilket leder till en helvit skärm (vit färg betecknar normalt sett de högsta temperaturerna). Det kan även förekomma att temperaturen i rummet är så homogen att inga konturer framträder på kamerans bildskärm eller att röken är så tät att rökdykarna inte ser kamerans skärm.

Andra källor till feltolkningar av informationen i värmekameran är att blanka ytor, exempelvis polerade metaller, är dåliga på att sända ut värmestrålning vilket gör att kameran detekterar för låg temperatur på dessa ytor (Bullard, 2012). Även rutor av glas kan leda till felaktiga slutsatser då vanligt fönsterglas begränsar den värmestrålning som släpps igenom vilket kan leda till att kameran inte detekterar en pågående brand på andra sidan om en glasruta (P&R Infrared, u.å).

5.3.2.2 Buller från fordon, pumpar och fläktar

Buller, i samband, med rökdykning genereras främst av fordonens motorer[6] och pumpar samt fläktar som används för att ventilera ut brandgaser. Detta buller utgör, utöver att de kan orsaka hörselskador, en risk i och med att de kan maskera varningssignaler och annan kommunikation som behövs för att minska risken för olycksfall (AFS 2005:16). I flera av anmälningarna av allvarliga tillbud och arbetsskador i samband med rökdykning tas problematiken med buller upp, oftast rör det sig om att rökdykarledaren har haft svårt att uppfatta radiokommunikationen med rökdykarna på grund av bullret från en PPV-fläkt eller ett fordon som är uppställt i anslutning till baspunkten.

5.4 Organisationen

Utformningen av organisationen runt själva arbetsuppgiften rökdykning är viktigt för att hantera de risker som rökdykarna utsätts för.

5.4.1 Utbildning, övningsverksamhet och erfarenhet

I de tillbuds- och arbetsskadeanmälningar som analyserats i detta arbete har det i vissa fall kunnat konstateras att den övningsverksamhet som bedrivits inom den aktuella räddningstjänsten inte har speglat de risker som finns inom det område som brandmännen verkar. Detta har lett till att brandmännen har haft för låg faktisk kompetens (se kapitel 3.4) i förhållande till de krav som situationen ställt på dem. I andra fall har tillbud eller olyckor orsakats av brandmännens attityder vilket medfört att de utsatt sig för onödigt stora risker.

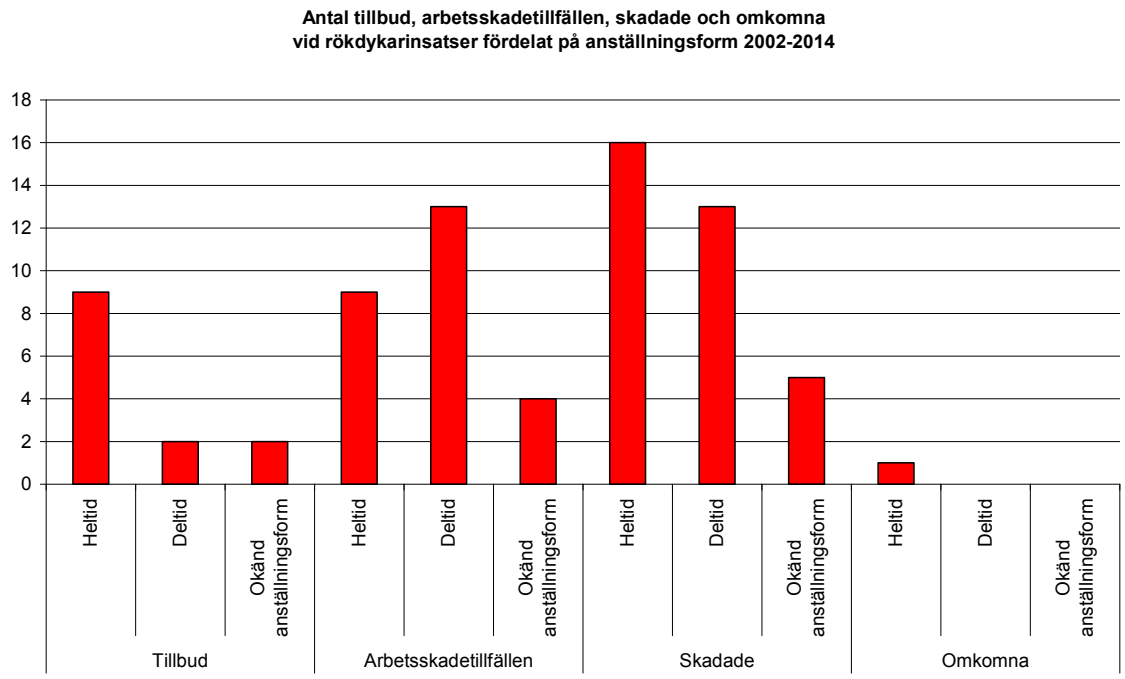
Bland de analyserade tillbuden och arbetsskadeanmälningarna har det inte i något fall kunnat återfinnas något som tyder på att det skulle vara brister i den formella kompetensen (se kapitel 3.4) som orsakat olyckan eller tillbudet.

[6] Pumparna på släckfordonen som används för att förse brandmännen med vatten för brandsläckning drivs i regel av fordonens ordinarie motorer via kraftuttag på växellådan.

5.4.2 Anställningsform

Förutsättningarna för att utföra ett säkert och effektivt arbete skiljer sig åt mellan hel- och deltidsanställda brandmän. Heltidsanställda brandmän har i regel möjlighet att träna på arbetstid, mer övningstid samt oftast fler larm vilket ger en större erfarenhet. Å andra sidan är heltidsbrandmännen ofta anställda i större tätorter där riskerna generellt sett kan vara större än i små orter.

Av anmälningarna till Arbetsmiljöverket framgår att fler heltidsbrandmän än deltidsbrandmän har skadats i samband med rökdykning och att de även har haft fler tillbud, se figur 16. Antalet rökdykarinsatser då någon skadats är dock större för deltidsbrandmän än heltidsbrandmän.



Figur 16: Antal tillbud och arbetsskador i samband med rökdykning fördelat på anställningsform.

5.4.2.1 Beräkning av signifikans

För att undersöka om det finns någon signifikant skillnad när det gäller antalet inträffade tillbud och arbetsskador mellan hel- och deltidsanställda brandmän har χ^2-metoden använts då detta är en metod som kan användas för att undersöka skillnader mellan olika grupper (Körner, 1996).

Definitionen av χ^2-värdet är:

$$\chi^2 = \sum \frac{(f_i - E(f_i))^2}{E(f_i)} \qquad \text{(Körner, 1996)}$$

Där f_i är det observerade värdet och $E(f_i)$ det förväntade värdet.

Då det årligen genomförs ca 3200 rökdykarinsatser (AFS 2007:7) varav ca 800 utförs av deltidsanställda brandmän (Räddningsverket, 2002) innebär detta att det går att uppskatta antalet rökdykarinsatser som utförts av hel- respektive deltidsanställda brandmän under den undersökta tidsperioden som omfattar sammanlagt 12,54 år.

Följande indata har använts för att beräkna χ^2 värdet för tillbud:

Anställningsform	Antal insatser med tillbud	Antal insatser utan tillbud	Totalt antal rökdykarinsatser
Heltid	9	30 085	30 094
Deltid	2	10 029	10 031
Totalt	11	40 114	40 125

De förväntade värdena har beräknats enligt följande:

Anställningsform	Förväntat antal insatser med tillbud	Förväntat antal insatser utan tillbud
Heltid	$30094 \cdot \frac{11}{40125} = 8{,}25$	$30094 \cdot \frac{40114}{40125} = 30086$
Deltid	$10031 \cdot \frac{11}{40125} = 2{,}75$	$10031 \cdot \frac{40114}{40125} = 10028$
Totalt	11	40 114

Detta leder till att χ^2-värdet kan beräknas:

$$\chi^2_{tillbud} = \frac{(9-8{,}25)^2}{8{,}25} + \frac{(2-2{,}75)^2}{2{,}75} + \frac{(30085-30086)^2}{30086} + \frac{(10029-10028)^2}{10028} = 0{,}273$$

Följande indata har använts för att beräkna χ^2 värdet för arbetsskadetillfällen:

Anställningsform	Antal insatser med arbetsskada	Antal insatser utan arbetsskada	Totalt antal rökdykarinsatser
Heltid	9	30 085	30 094
Deltid	13	10 018	10 031
Totalt	22	40 103	40 125

De förväntade värdena har beräknats enligt följande:

Anställningsform	Förväntat antal insatser med arbetsskada	Förväntat antal insatser utan arbetsskada
Heltid	$30094 \cdot \frac{22}{40125} = 16{,}5$	$30094 \cdot \frac{40103}{40125} = 30077$
Deltid	$10031 \cdot \frac{22}{40125} = 5{,}5$	$10031 \cdot \frac{40103}{40125} = 10026$
Totalt	22	40103

Detta leder till att χ^2-värdet kan beräknas:

$$\chi^2_{tillfällen} = \frac{(9-16{,}5)^2}{16{,}5} + \frac{(13-5{,}5)^2}{5{,}5} + \frac{(30085-30077)^2}{30077} + \frac{(10018-10031)^2}{10031} = 13{,}7$$

Följande indata har använts för att beräkna χ^2 värdet för antal skadade:

Anställningsform	Antal skadade	Antal oskadade	Totalt antal rökdykare[7]
Heltid	16	60 172	60 188
Deltid	13	20 049	20 062
Totalt	29	80 221	80 250

De förväntade värdena har beräknats enligt följande:

Anställningsform	Förväntat antal skadade	Förväntat antal oskadade
Heltid	$60188 \cdot \frac{29}{80250} = 21{,}75$	$60188 \cdot \frac{80221}{80250} = 60166$
Deltid	$20062 \cdot \frac{29}{80250} = 7{,}25$	$20062 \cdot \frac{80221}{80250} = 20055$
Totalt	29	80 221

Detta leder till att χ^2-värdet kan beräknas:

$$\chi^2_{skadade} = \frac{(16-21{,}75)^2}{21{,}75} + \frac{(13-7{,}25)^2}{7{,}25} + \frac{(60172-60166)^2}{60166} + \frac{(20049-20055)^2}{20049} = 6{,}08$$

I samtliga fall gäller att antalet frihetsgrader, $n = 1$, vilket innebär att sannolikhetsvärdet, *P,* (som uttrycker hur stor sannolikheten är för att resultaten erhållits enbart av slumpen) kan fås ur tabell eller motsvarande[8]. För de aktuella χ^2-värdena har följande sannolikhetsvärden, P, erhållits:

---

[7] Då rökdykning sker parvis har antal insatta rökdykare antagits vara *2·antal rökdykarinsatser*.

[8] I detta fall har kommandot ”CHI2FÖRD” i datorprogrammet Microsoft Excel använts för att få fram sannolikhetsvärdet.

För tillbud: $P_{tillbud} = 0{,}60$
För arbetsskadetillfällen: $P_{tillfällen} = 0{,}0002$
För antal skadade: $P_{skadade} = 0{,}014$

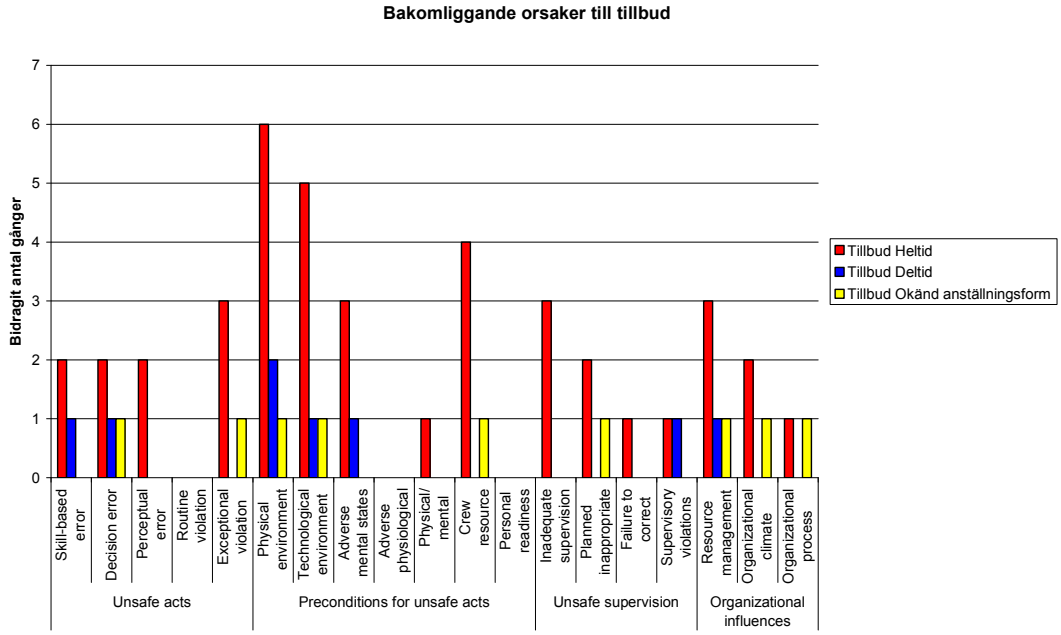
5.4.2.2 Resultat av beräkningarna

Beräkningarna i föregående avsnitt har visat att:

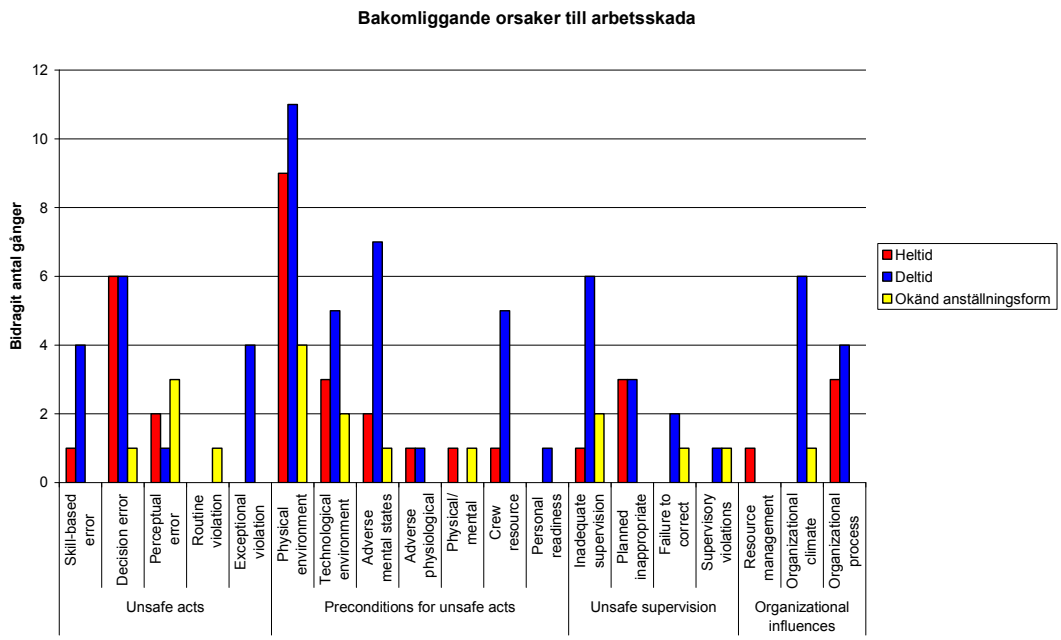
- Det inte går att påvisa någon signifikant skillnad (5%≤P) mellan hel- och deltidsanställda brandmän när det gäller antalet inträffade tillbud.
- Det inträffar högst signifikant (0,1%<P) fler tillfällen då deltidsbrandmän skadar sig i samband med rökdykning än tillfällen då heltidsbrandmän skadar sig.
- Nästan signifikant (1%≤P<5%) fler deltidsbrandmän än heltidsbrandmän skadar sig i samband med rökdykning.

5.4.2.3 Skillnad i bakomliggande faktorer till tillbud och arbetsskador mellan hel- och deltidsanställda brandmän

De går även att se att de bakomliggande faktorerna till inträffade tillbud och arbetsskador skiljer sig åt mellan de två grupperna, se figur 17 och figur 18.



Figur 17: Antal gånger respektive undernivå i HFACS-modellen bidragit till ett tillbud.



Figur 18: Antal gånger respektive undernivå i HFACS-modellen har bidragit till ett arbetsskadetillfälle.

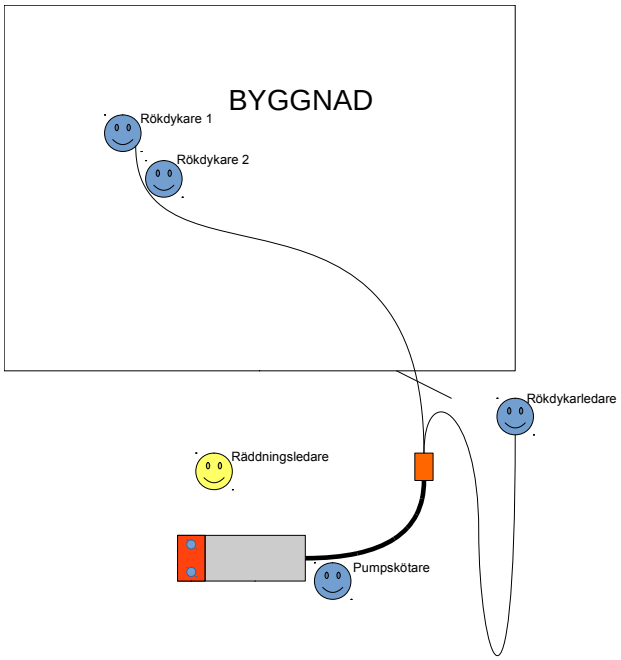
Trots de skillnader som kan utläsas i figurerna är det endast för undernivån ”organizational climate” när det gäller arbetsskadetillfällen som det finns en nästan signifikant (*P = 0,017)* skillnad mellan hel- och deltidsanställda brandmän. Värdet bedöms dock vara osäkert då det endast är för ett fåtal olyckor i samband med rökdykning som arbetsskadeanmälningarna har varit så detaljerade att det gått att fastställa brister på nivåerna ”unsafe supervision” och ”organizational influences”.

5.4.3 Lokala rökdykarinstruktioner och standardrutiner

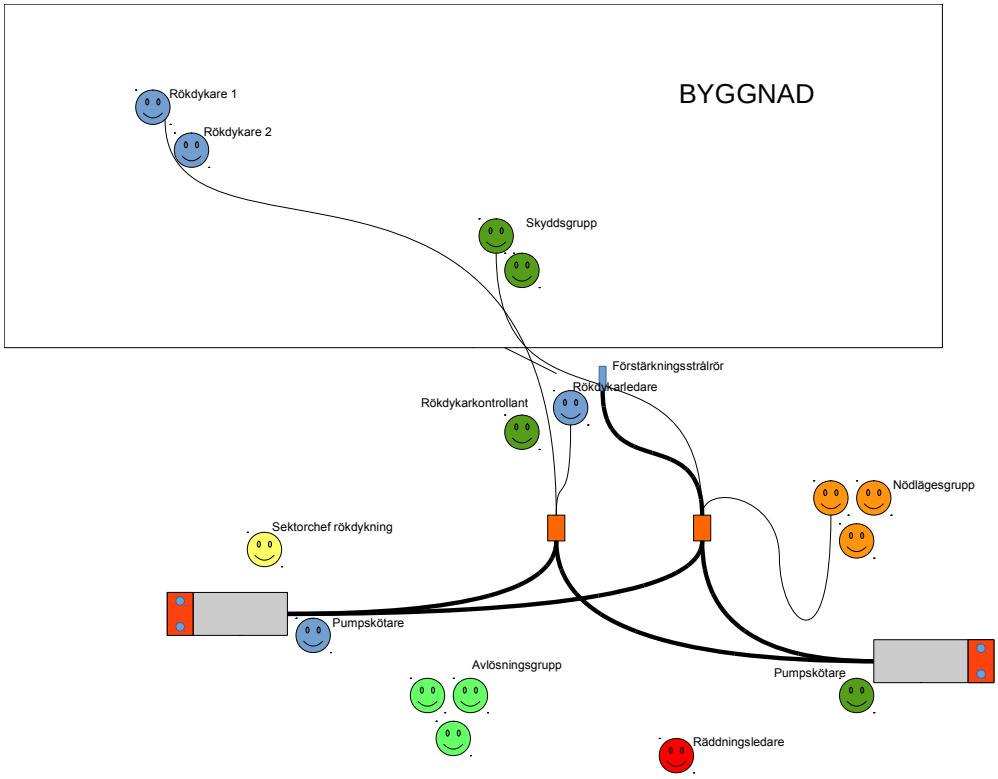
De flesta kommunala räddningstjänster tar, utifrån bestämmelserna, i arbetsmiljölagstiftningen fram egna rutiner för rökdykning. Benämningarna på dessa rutiner varierar och bland de benämningar som återfunnits finns ”rökdykarinstruktion”, ”handbok rökdykning”, ”standardrutin rökdykning”, ”säkerhets och arbetsinstruktion för rökdykning” samt ”riktlinjer för rökdykning”. I fortsättningen kommer benämningen rökdykarinstruktion att användas för samtliga dessa dokument.

Innehållet i rökdykarinstruktionerna varierar även de mellan olika räddningstjänster. Efter studier av instruktioner för cirka 40 olika räddningstjänster av totalt 183 (Myndigheten för samhällskydd och beredskap, 2014) kan konstateras att det vanligaste är att dokumenten innehåller en beskrivning av de viktigaste bestämmelserna i

föreskrifterna om rök- och kemdykning samt rutiner för hur man organiserar sig på brandplatsen i den aktuella (lokala) organisationen. Ofta är sättet att organisera sig uppdelat på ”normal” riskmiljö och ”hög riskmiljö”. Exempel på olika sätt att organisera sig beroende på riskmiljön återfinns i figur 19Figur 19 - 20. Vid rökdykarinsatser i hög riskmiljö vidtas ofta åtgärder för att minska riskerna för personalen. Sådana åtgärder kan vara användning av skyddsgrupp (som ska säkra reträttvägen för rökdykarna), nödlägesgrupp (som ska undsätta rökdykarna vid nödläge), rökdykarkontrollant (som hjälper rökdykarledaren med att ha kontroll på insatt personal) samt avlösningsgrupper (som löser av insatta rökdykare när de blir trötta eller då luften börjar ta slut).

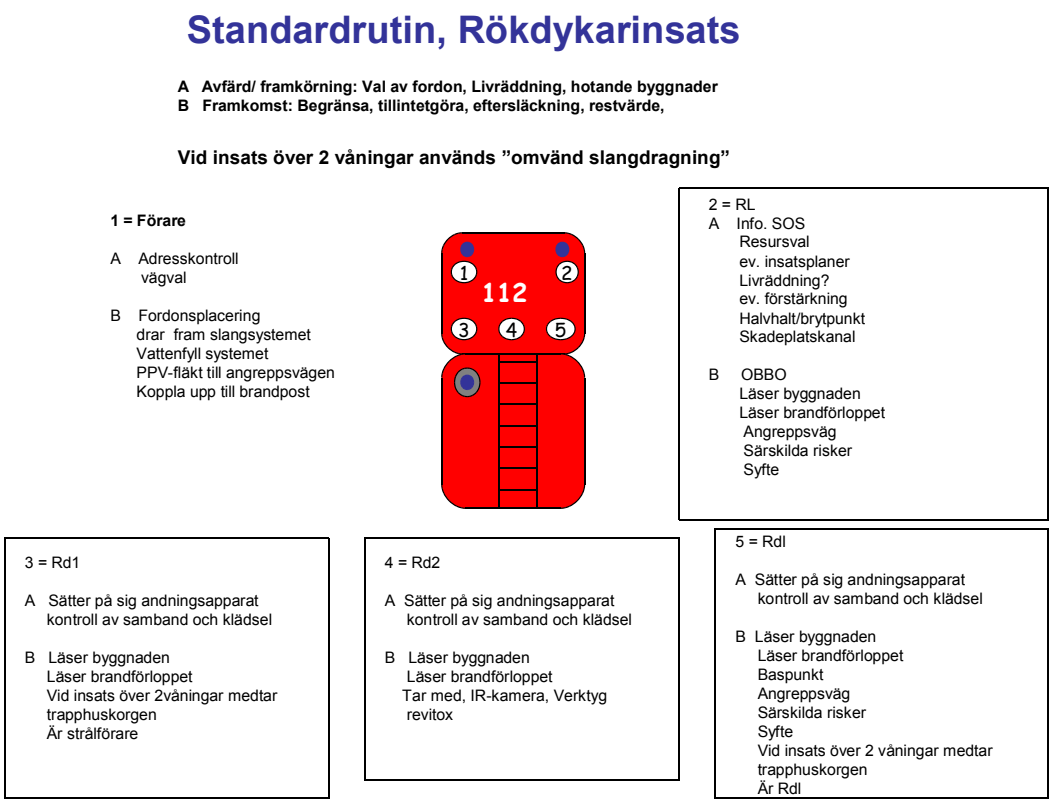


Figur 19: Exempel på organisation vid "normal riskmiljö"



Figur 20: Exempel på organisation vid "hög riskmiljö".

Rökdykarinstruktionerna innehåller oftast även en fördelning mellan olika uppgifter som arbetsledaren, rökdykarledaren, rökdykare 1 och rökdykare 2 samt pumpskötaren ska ansvara för före, under och efter själva rökdykarinsatsen. De minst omfattande instruktionerna innehåller endast en skiss över brandbilen där det har definierats var personalen ska sitta under framkörning till larmet samt vilka arbetsuppgifter de ska utföra i insatsens inledning, se figur 21. De mest omfattande instruktionerna kan användas som ”kurslitteratur” vid utbildning av rökdykare och innehåller i stort sett samtliga bestämmelser i arbetsmiljöverkets föreskrifter om rök- och kemdykning samt lokala tolkningar av dessa.



Figur 21: Exempel på mycket enkel form av standardrutin för rökdykning.

I vissa fall innehåller instruktionerna även rutiner för hur organisationen ska agera om det inträffar ett nödläge eller en checklista för hur arbetsledaren ska bedöma riskerna med rökdykarinsatsen (se figur 22). I de fall det finns en riskbedömningsmall som stöd för arbetsledaren beaktar dessa oftast om det finns liv att rädda och de risker som hör till byggnaden eller verksamheten.

	Ja	Nej
Livräddning?		
Risk för ras?		
Risk för kärlsprängning?		
Värmekänslig konstruktion?		
Dolda utrymmen?		
Kemikalier?		
Hög riskmiljö?		
Risk för snabbt brandförlopp?		
Har det brunnit en längre tid?		
Undvik rökdykning		
Alternativa metoder ska beaktas		
Rökdykning kan genomföras		

Figur 22: Exempel på en checklista för riskbedömning.

Några rökdykarinstruktioner innehåller förhållandevis omfattande utbildningsplaner som ställer högre krav, på personalen som ska sysselsättas med rökdykning, än vad Arbetsmiljöverkets föreskrifter gör. Det finns även instruktioner där det anges vilken erfarenhet som rökdykarna i rökdykarparet och rökdykarledaren ska ha. I de sistnämnda anges ofta att två oerfarna brandmän inte får ingå i rökdykarparet tillsammans utan att minst en av dem ska ha en viss, på förhand, fastställd erfarenhet av arbete som rökdykare.

Några organisationer har i instruktionen valt att redovisa varje sätt som de organiserar sig eller drar slang på brandplatsen. Detta har, i något fall, gett upphov till att organisationen har 16 olika standardrutiner enbart för rökdykarinsatser.

Endast ett fåtal av de genomlästa instruktionerna tar upp behovet av avlösning av rökdykande personal vid mer långvariga insatser.

5.4.4 Rutiner för kylning av rökdykare på skadeplats

Passiv kylning är den vanligaste strategin för kylning på brandplatsen och innebär att rökdykaren i samband med vila efter en insats exponeras för omgivningstemperaturen. En optimal passiv kylning uppnås om brandskyddsdräkten tas av och armarna exponeras för den omgivande luften. Varm och fuktig väderlek kan försvåra passiv kylning och temperaturen bör, vid passiv kylning, inte överstiga 24°C (McEntire, Suyama & Hostler, 2012). Vid passiv kylning under vila går sänkningen av kroppstemperatur ungefär hälften så snabbt som temperaturökningen under rökdykningsarbete (Horn et al., 2013).

Aktiv kylning kan göras antingen under en insats för att förebygga en höjning av kroppstemperaturen eller efter en insats för att snabbare sänka kroppstemperaturen. Aktiv kylning kan ske genom nedsänkning av händer och armar i kallt vatten, genom kraftiga fläktar eller genom

användning av kylvästar. I dagsläget har nedsänkning av hand och underarm i kallt vatten (ned till 10°C) visat sig vara den metod som är effektivast för aktiv kylning av rökdykare (McEntire et al., 2012).

5.4.5 Fysisk träning

> A fire department that does not have a mandatory fitness program has failed to recognize one of the most essential elements in the preparedness of its personnel. (Davis & Dotson, 1987, s. 289)

En bristande fysisk arbetsförmåga hos den enskilde rökdykaren kan vara en fara för såväl denna rökdykare som för rökdykarkamraten och även leda till att allmänheten inte får den hjälp som de förväntar sig (Malmsten & Söderholm, 1989). För att klara av den fysiska påverkan som rökdykarna utsätts för, och genom detta minska sannolikheten för arbetsskador, måste rökdykarna ha god kondition, god anaerob uthållighet, god muskelstyrka samt en lämplig kroppssammansättning (Barr et al., 2010; Davis & Dotson, 1987) och detta kan endast uppnås genom regelbunden fysisk träning varvid såväl kondition, muskelstyrka, smidighet som koordination och balans bör tränas (Malmsten & Söderholm, 1989).

Traditionellt har det ansetts att regelbunden träning, utöver positiva effekter, på kondition och styrka även leder till att kroppens värmetolerans ökar som en följd av att kroppen ”lär sig” att svettas mer och att denna effekt kan förstärkas genom att förlägga ett bastubad direkt efter träningstillfället (Malmsten & Söderholm, 1989). Nyare studier har dock visat att god kondition eller acklimatisering till varm miljö kan ha negativa effekter när det gäller arbete med skyddskläder i en varm miljö. Detta beroende på att den ökade svettningen inte får den avsedda kyleffekten på grund av skyddsklädernas begränsade förmåga att släppa ut vattenånga vilket istället leder till en ökad risk för uttorkning (Cheung et al., 2000; Windle & Davies, 1996).

Som nämts i kapitel 4.3.3 ökar användningen av tryckluftsapparat risken för fallolyckor. I en studie av Kong et al. (2012) framkom dock att brandmän som styrketränade regelbundet, genom att sänka arbetstempot, kunde utföra balanskrävande arbetsuppgifter med påtagen tryckluftsapparat utan att de uppvisade någon försämrad balans jämfört med när uppgiften utfördes utan tryckluftsapparat.

5.5 Kontext

Utöver de faktorer som påverkar brandmännen direkt vid insats finns det förhållanden i kontexten (omgivningen) som indirekt påverkar hur brandmän utför sina arbetsuppgifter och dessa kommer att behandlas närmare i de kommande avsnitten.

5.5.1 Attityder till rökdykning

Efter observationer av och intervjuer med brandmän i Sverige har det framkommit att rökdykning verkar ha en särskild betydelse för brandmän och att det är en arbetsuppgift som är viktig för ”hur brandmän identifierar sig med sitt arbete” (Ericson, 2011, s. 31). Detta förhållande bedöms kunna utgöra en risk för att rökdykning blir ett ”förstahandsval” när befälet ska besluta om hur en brand ska släckas och att andra, mindre riskfyllda metoder, därmed förbises.

5.5.2 Kvinnliga brandmän

I en amerikansk studie har det framkommit att kvinnliga brandmän har en ökad risk för skador jämfört med sina manliga kollegor. Orsakerna till detta tros vara att kvinnliga brandmän, i ett försök att bevisa sin duglighet och för att inte befästa fördomar om kvinnors fysiska kapacitet, undviker att be om hjälp när de utför arbetsuppgifter som egentligen är för fysiskt ansträngande. Många kvinnliga brandmän har dessutom, för att kompensera för en relativt sett mindre muskelstyrka jämfört med deras manliga kollegor, utvecklat strategier där de utnyttjar kroppens rörelseenergi för att kunna utföra vissa tunga arbetsuppgifter. Dessa strategier, som i och för sig fungerar, medför en ökad risk för belastningsskador (Sinden et. al, 2013).

6 Analys av insatser i parkeringsgarage

Analysen som genomfördes i kapitel 5.2.3 visade att det största antalet allvarliga tillbud, i samband med rökdykarinsatser, inträffat i parkeringshus och att de flesta arbetsskadorna inträffat i villor. Då förhållandena kring tillbuden och arbetsskadorna studeras mer i detalj (se bilaga 2) framgår det att det i sex av de elva arbetsskadetillfällena går att finna att en bidragande orsak till skadan har varit bristande riskbedömning av arbetsledaren, att rökdykarna genomför rökdykning utan order från arbetsledaren eller att rökdykning sker i strid med gällande föreskrifter. Utöver detta har problem med rökdykarnas andningsskydd i två fall bidragit till arbetsskadan. När det gäller tillbuden i samband med insatser i parkeringsgarage har de bakomliggande faktorerna varit knutna främst till lokalernas storlek i kombination med stark rökutveckling vilket lett till att rökdykarna blivit desorienterade.

Med anledning av detta har det bedömts särskilt intressant att närmare undersöka de faktorerna som påverkar rökdykarna i samband med bränder i parkeringsgarage. Detta då de problem som rökdykarna ställs inför i denna typ av stora lokaler bedöms vara en viktig grund för en fortsatt utveckling av användningen av en robot för brandsläckning.

Fyra stycken allvarliga tillbud i samband med rökdykarinsatser i parkeringsgarage har anmälts till Arbetsmiljöverket och för tre av dessa insatser har olycksutredningar återfunnits på Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps (MSB) hemsida. Det tillbud, för vilket någon olycksutredning inte återfunnits på MSB:s hemsida avser ett tillbud när rökdykarna i samband med avlösning framme vid strålröret kommer ifrån varandra och den ena rökdykaren utan den andra rökdykarens eller rökdykarledarens vetskap lämnar byggnaden.

Utöver dessa utredningar som rör insatser där det har inträffat tillbud har ytterligare fyra stycken olycksutredningar som diskuterar insatser i samband med bränder i parkeringsgarage återfunnits på MSB:s hemsida. Samtliga sju utredningar har analyserats och resultatet från dessa analyser presenteras i detta kapitel.

6.1 Insats i Stockholms län, 2006

Branden inträffar klockan 02:15 i ett underjordiskt parkeringshus med ett ovanpåliggande trevånings flerfamiljshus. Larmet inkommer som ett automatiskt brandlarm till SOS-alarm då parkeringsgaraget är försett med ett sådant larm. Garaget var uppdelat på tre brandceller 1700 m² respektive 2000 m² och det fanns även en ”motorgård” av okänd storlek i en egen brandcell. I varje brandcell fanns två stycken rökluckor. Garaget

hade ungefär 250 parkeringsplatser och de flesta av platserna var försedda med gallerburar vilket gjorde att en del bildäck och annan bråte förvarades tillsammans med bilarna. Åtkomst till parkeringsgaraget kunde ske dels via en nedkörningsramp samt två stycken trapphus från det fria (Andersson, L. Eriksson, P. Eriksson & Arvedahl, 2007).

Vid räddningstjänstens framkomst påbörjas försök att ta sig in i garaget men på grund av en svårforcerad port dröjer det 20 minuter innan styrkan har fått upp porten till garaget. De första rökdykarna som går in i byggnaden får uppgiften att söka av närområdet och de får inte avancera längre in än cirka 10 meter i byggnaden då arbetsledaren bedömer att rökdykarna är oerfarna och att rökdykarinsatsen är att betrakta som komplicerad. Rökdykarna söker av närområdet innanför dörren och backar sedan ut utan att ha lokaliserat branden. De efterföljande rökdykargrupperna som går in lyckas lokalisera branden men lyckas inte släcka den eftersom de inte kommer åt branden i bilarna innanför gallerburarna och rapporterar ut att de behöver verktyg för att bryta upp låsen. Det finns i detta skede inga insatsberedda rökdykare varför de själva går ut och hämtar verktygen och sedan påbörjar insatsen på nytt. Tyvärr går det inte bryta upp låsen med de verktyg de tagit med sig och till slut tvingas de retirera på grund av för låg luftnivå i tryckluftsapparaterna. De rökdykargrupper som går in därefter lyckas inte lokalisera branden och slutligen avbryter räddningsledaren alla rökdykarinsatser på grund av för stora risker varefter insatsen övergår till fylla garaget med skum. Efter 31 timmar och 47 minuter avslutar räddningsledaren räddningsinsatsen och överlämnar ansvaret till fastighetsägaren (Andersson et al., 2007).

Inget tillbud med egen personal inträffade i samband med denna insats men stora skumvätskemängder användes vilket kunde ha lett till miljöskador även om några sådana inte kunde påvisas i detta fall.

Utifrån slutsatserna i olycksutredningen av Andersson et al. (2007) och tillämpning av ”The extended HTO framework” (se kapitel 3.1.2) kan följande brister i interaktionen mellan olika systemkomponenter noteras i samband med insatsen:

Interaktion mellan mänsklig arbetsaktivitet och miljön • Extremt tät rök. • Rökdykarna kommer, på grund av gallerburar, inte tillräckligt nära de brinnande fordonen för att släcka dessa. • En rökdykargrupp såg inte genom värmekameran som användes på grund av extremt täta brandgaser.
Interaktion mellan mänsklig arbetsaktivetet och teknik • Garagets rökluckor öppnades inte inledningsvis då garagets ordinarie avgasventilation förväxlades med brandgasventilation. • Fel verktyg för att bryta upp gallerburarna.
Interaktion mellan mänsklig arbetsaktivitet och organisationen • Orutinerad personal i första styrkan gjorde att befälet valde att begränsa hur långt in i byggnaden dessa rökdykare fick gå. • De rökdykare som var insatta avlöstes inte framme vid strålröret utan tvingades retirera med påföljd att nästa rökdykargrupp inte kunde följa slangen fram till branden. • Stora öppna ytor och långa inträngningsvägar komplicerade rökdykarinsatsen men trots detta användes inte en organisation för ”hög riskmiljö” i enlighet med organisationens rökdykarreglemente. • Rökdykarreglementet ger inte tillräckligt stöd vid rökdykarinsatser i hög riskmiljö.

6.2 Insats i Västra Götalands län, 2009

Larm om branden inkommer klockan 02:40 till den lokala räddningstjänsten och gäller en brand i ett underjordiskt parkeringshus. Garaget har en total yta av cirka 18 000 m² och är uppdelat i två delar som skiljs åt av två stålportar. Från garaget går det dörrar till trapphus som ansluter till de sjuvånings flerfamiljshus som ligger runt garaget. Åtkomst till parkeringsgaraget kunde ske dels via de två portar som används för att köra bil in och ut ur garaget, ett trapphus mitt på flerbostadshusens innergård samt via flerbostadshusens trapphus (Bergholm, Nilsson & Bergström, 2010).

Vid räddningstjänstens framkomst till platsen rök det kraftigt från garagets två portar. En polispatrull som var på plats informerade räddningstjänsten om att det troligen brann cirka 20 meter in i garaget. Arbetsledaren orienterar sig på platsen och konstaterar att det tränger upp rök på flera platser på den innergård som fanns mellan flerbostadshusen samt att det, på innergården, finns ett utvändigt trapphus med en spiraltrappa som ledde ned till garaget. Från spiraltrappan vällde upp mer rök än det gjorde vid infarten till garaget. Arbetsledaren får intrycket att det är närmare till branden från detta trapphus än från portarna till garaget och förbereder därför förstärkande styrka på detta men beslutar samtidigt att första styrkan ska gå in genom

garageportarna. Första rökdykargruppen tar sig cirka 50 meter in i garaget innan de avbryter sin insats och försöker sedan, tillsammans med en privatperson, att förmedla garagets planlösning till arbetsledaren.

Den andra styrkan på plats gör insats via spiraltrappan på gården och genom att utnyttja fläktar lyckas de trycka tillbaka röken något så att det blev mindre rök i spiraltrappan. Sikten i parkeringshuset är i detta skede obefintlig och rökdykarna ser inget i värmekameran då denna, på grund av de mycket varma brandgaserna, endast visar en vit bild. Inte heller dessa rökdykare lyckas lokalisera branden och tvingas retirera på grund av att luften håller på att ta slut. När de kommer ut lämnar de över vilket område de har sökt av till nästa rökdykargrupp som går ner, lokaliserar branden och lyckas släcka den innan även de retirerar. Därefter görs ytterligare en rökdykarinsats för att fortsätta att kyla och släcka branden och i detta skede rasar betong ned i anslutning till brandmännen (Bergholm et al., 2010).

Efter att bärigheten i betongbjälklaget bedömts av en expert, med anledning av det ras av betong som inträffat, avslutar räddningsledaren räddningsinsatsen 31 timmar och 40 minuter efter larmet inkommit branden (Bergholm et al., 2010).

Då insatsen avslutats konstateras det att det, utöver betong, även fallit ned en fläktrumma som vägde 150-200 kg i anslutning till de brandhärjade bilarna vilket har ansetts vara ett allvarligt tillbud då rökdykare skulle ha kunnat omkomma eller skadas allvarligt om de träffats av denna. De materiella skadorna vid branden blev stora och fem bilar blev helt utbrända och ytterligare 201 fick rök- och sotskador (Bergholm et al., 2010).

Utifrån slutsatserna i olycksutredningen av Bergholm et al. (2010) och tillämpning av ”The extended HTO framework” kan följande aspekter i interaktionen mellan olika systemkomponenter i samband med insatsen noteras:

Interaktion mellan mänsklig arbetsaktivitet och miljön

- Sikten i det närmaste obefintlig till följd av täta brandgaser.
- Garagets storlek (18 000 m²) gjorde det svårt för rökdykarna att lokalisera branden.
- Värmen från branden gjorde att betongen spjälkade och att ett ventilationsaggregat föll ned. Detta hade kunnat leda till allvarliga skador på rökdykare om de befunnit sig under de fallande föremålen.
- Otillräcklig bärighet i parkeringshusets tak (som utgjorde ”mark” för innergården) gjorde att räddningsfordonen inte kunde ställas upp på gården.

Interaktion mellan mänsklig arbetsaktivetet och teknik • Brandgasventilationen var felaktigt dimensionerad och otillräcklig. • Brunnslock som skulle öppnas för att få brandgasventilation från garaget var inte varselmärkta. • Aktionstiden för rökdykarnas andningsskydd begränsade den tid de kunde vara inne i lokalerna och därmed också den yta de kunde söka av.
Interaktion mellan mänsklig arbetsaktivitet och organisationen • Inledningsvis skedde inte rökdykning i enlighet med den egna rökdykarorganisationen med avseende på åtgärder vid ”hög riskmiljö”. • Organisationen saknar uttalad taktik vid rökdykarinsatser med långa inträngningsvägar. • Organisationen övar inte praktiskt, i tillräckligt stor utsträckning, insats i hög riskmiljö med långa inträngningsvägar. • Organisationen saknar tillräcklig fläktkapacitet för att ventilera stora lokaler. • Det underlag som användes vid räddningstjänstens tillsyn av flerbostadshus med tillhörande garage omfattande inte kontroll av brandgasventilationen i garaget. • Den kommunikation (överlämning) som skedde mellan de olika rökdykargrupperna (och den skiss över garaget som upprättades tillsammans med en privatperson) har bidragit till att den tredje rökdykargruppen som sattes in lyckades lokalisera branden.
Interaktion mellan miljön och tekniken • Varma brandgaser gör att värmekameran endast visar en vit bild (white-out).
Kontextens påverkan • Närvarande representant för fastighetsägaren kände inte till att brunnslock skulle öppnas för att få brandgasventilation. • Trapphusen till flera bostadshus var sammanbyggda med garaget vilket fick till följd att resurser fick avdelas för att kontrollera och hantera eventuell rökspridning till trapphusen. • Att polis meddelar att det troligtvis brinner 20 meter in i garaget (från garageportarna sett) gör att första rökdykarinsats påbörjas med baspunkt vid garageportarna. I själva verket var branden 140 meter in i garaget vilket gör att första styrka inte hittar branden vilket i sin tur fördröjer tiden till att branden lokaliseras och släcks.

6.3 Insats i Stockholms län 2009

Klockan 06:57 inkommer ett larm om brand i en bil som är parkerad på övre plan i ett garage under ett flerbostadshus. De två planen i garaget är brandtekniskt avskilda från varandra och har ungefär 50 parkeringsplatser vardera. Garagen har förbindelse med de ovanpåliggande flerbostadshusen i 6-7 plan med en brandsluss (Bergfeldt, 2010).

Vid räddningstjänstens framkomst till platsen 8 minuter efter larm syns en kraftig rökpelare och de två fastighetsskötarna som möter räddningstjänsten beskriver var det brinner. En person ur brandpersonalen avdelas för att söka igenom det närmaste trapphuset eftersom det förekommer rök i det trapphuset och en annan brandman fick i uppdrag att ta sig till innergården och söka efter brandgasluckor. En rökdykargrupp fick i uppgift att ta sig in i garaget och lokalisera branden. Vid inträngning i garaget är sikten obefintlig och på grund av att värmekameran är trasig har de ingen visuell uppfattning av lokalerna. De lyckas dock lokalisera branden till två bilar som är inlåsta i gallerburar och efter att en första släckinsats genomförts beslutar de sig för att gå ut och hämta en kapmaskin för att kunna skära upp hål i gallerburarna. Då de är på väg in på nytt (kl 07:41) ansluter ytterligare en rökdykargrupp från en annan brandstation som har tillgång till en fungerande värmekamera. Tillsammans avancerar de in och de tar upp två hål på ca 1 m^2 vardera i gallerburarna varpå de kunde ta sig in och släcka branden helt. När nästa station anländer lyckas de lokalisera och hitta två brandgasluckor varpå röken i garaget ventilerades ut bland annat genom utnyttjande av trapphusen i flerbostadshusen (Bergfeldt 2010).

Ingen person kom till skada vid insatsen och inget tillbud inträffade men cirka 25 bilar fick rök- och sotskador (Bergfeldt, 2010).

Utifrån slutsatserna i olycksutredningen av Bergfeldt (2010) och tillämpning av ”The extended HTO framework” kan följande faktorer i interaktionen mellan olika systemkomponenter noteras i samband med insatsen:

Interaktion mellan mänsklig arbetsaktivitet och miljön • Sikten i det närmaste obefintlig till följd av täta brandgaser. • Gallerburar försvårade släckning.
Interaktion mellan mänsklig arbetsaktivetet och teknik • Brandgasventilationen var felaktigt dimensionerad och otillräcklig. • Svårlokaliserade brandgasluckor. • Första rökdykargruppens värmekamera ur funktion.

Interaktion mellan mänsklig arbetsaktivitet och organisationen • Otydlig samordning beträffande hur brandgasventilering skulle ske vilket bidrog till att brandgasventilationen inledningsvis var ineffektiv.
Kontextens påverkan • Betongväggar på sidorna av de två brinnande bilarna fördröjde brandspridningen till fler bilar. Om branden uppstått på annan plats i garaget hade brandspridning kunnat ske relativt snabbt mellan ett tiotal bilar. • Relativt kort inträngningsväg i det aktuella fallet. De brinnande bilarna stod cirka 30 meter in. Maximalt avstånd från garageporten till längst in belägna bil var 105 meter.

I olycksutredningen från ovanstående händelse återfinns även följande intressanta slutsats:

> Återigen påvisas att räddningsinsatser vid brand i garage kan bli komplicerade och långvariga. En viktig parameter för en effektiv räddningsinsats är ett väl fungerande byggnadstekniskt brandskydd. Om brandgasventilering ska kunna ske effektivt är det av väsentlig betydelse att både tillufts- och frånluftsöppningar kan tillskapas och att de placeras så att genomvädring kan ske. (Bergfeldt, 2010, s. 5)

Slutsatsen lyfter fram vikten av interaktionen mellan brandmännen och omgivningsmiljön (byggnaden) för att insatsen ska kunna utföras effektivt.

6.4 Insats i Västerbottens län, 2010

Klockan 19:42 inkommer ett larm om en brand i ett kärl för sopor som är placerat i ett parkeringsgarage under ett kvarter med sluten centrumbebyggelse som bland annat innehåller hotell, kyrka och butiker. När räddningstjänsten kommer till platsen väller svart rök ut ur porten till garaget och en rökdykarinsats påbörjas för att lokalisera och släcka branden. Eftersom det relativt snabbt konstateras att branden är lokaliserad långt in i garaget bedömdes riskmiljön som hög varför en skyddsgrupp sattes in. Såväl räddningsledaren som räddningschef i beredskap försöker tidigt i insatsen få tag på ritningar för att lokalisera luckorna för brandgasventilationen men några ritningar kunde inte återfinnas (Björkman & Björnfot, 2010).

Genom otätheter i brandcellsgränser sker rökspridning till såväl hotellet som kyrkan varför polisen påbörjar evakuering av dessa byggnader. Efter en tid är rökspridningen till hotellet emellertid så omfattande att rökdykarklädda brandmän tvingades hjälpa till med utrymningen av detta genom att öppna upp dörrar och fönster för att ventilera ut rök (Björkman & Björnfot, 2010).

Rökdykarna i garaget lyckas efter en tid lokalisera branden och kan släcka den i ett soputrymme långt in i garaget innan den hunnit sprida sig till de bilar som stod i närheten. Därefter ventilerades röken ut med hjälp av fläktar genom garagets ordinarie port. När röken lättat lokaliseras två rökluckor som dock inte går att öppna (Björkman & Björnfot, 2010).

Klockan 21:07 avslutas räddningsinsatsen och den del av garaget som branden var lokaliserad till har fått kraftiga brand- och rökskador. Samtliga bilar som var parkerade i garaget har fått kraftiga rökskador och även hotellet, kyrkan och en butik blev så rökskadade att en omfattande sanering fick lov att genomföras efter insatsen (Björkman & Björnfot, 2010).

Utifrån slutsatserna i olycksutredningen av Björkman och Björnfot (2010). och tillämpning av ”The extended HTO framework” kan följande faktorer i interaktionen mellan olika systemkomponenter noteras i samband med insatsen:

Interaktion mellan mänsklig arbetsaktivitet och miljön • Tät rök.
Interaktion mellan mänsklig arbetsaktivetet och teknik • Svårlokaliserade och icke fungerande brandgasluckor (översnöade).
Interaktion mellan mänsklig arbetsaktivitet och organisationen • Tidigt beslut om att rökdykarinsatsen var att betrakta som ”hög riskmiljö” varför skyddsgrupp sattes in. • Räddningstjänstens insatsplanering omfattar ej stora kvarter med sammanbyggda huskroppar.
Kontextens påverkan • Otäta brandcellsgränser medförde rökspridning till ovanliggande verksamheter vilket krävde resurser för att hanteras. • Brandskyddet i garaget inte dimensionerat utifrån de risker som verksamheten innebär. • Om- och tillbyggnader som genomförts under åren har lett till håltagning i brandcellsgränser som inte har tätats i erforderlig omfattning. • Ökad miljömedvetenhet har lett till att hotellet källsorterar vilket gör att ursprungligt soprum blivit för litet vilket i sin tur medfört att sopsorteringen ”flyttat ut” i garaget. • Många små, var för sig, acceptabla avvikelser beträffande brandskyddet har lett till att brandskyddets i sin helhet blivit oacceptabelt dåligt.

6.5 Insats i Skåne län, 2010

Larm om brand i garage inkommer till den lokala räddningstjänsten klockan 00:00 och redan under framkörning ser styrkans befäl kraftig

rökutveckling från området. Då styrkan är på plats 7½ minut efter larm förbereds insats genom porten till garaget och då strömmen är bruten används en domkraft för att få upp porten. Då porten öppnats strömmar svart rök ut men det är ingen hög värme. Befälet kontrollerar i detta skede om det finns någon alternativ inträngningsväg och lyckas med hjälp av en boende hitta en annan dörr och där kan han höra att branden är nära. En omgruppering görs och i detta skede har högre befäl anlänt som beslutar om rökdykning med restriktion i form av förstärkt baspunkt (Krook, 2010).

21 minuter efter larm går första rökdykargruppen in. De använder sig av värmekameran men har ingen hjälp av den då de varken ser några konturer eller värme utan de går vidare och litar på hörsel och känsel. Rökdykare 2 ser ingenting och upplever att han tappar orienteringen ju längre in de kommer. När de lokaliserat branden har de 180 bar (av 300 bar) tryck kvar i andningsskyddet. Släckning av branden påbörjas men får inte önskad effekt och rökdykarna upplever det som mycket varmt i lokalen (Krook, 2010.). Fläkten som placerats vid baspunkten och som används för att ventilera ut röken ur garaget gör, i kombination med släckbilen som är parkerad alldeles nära, det svårt för rökdykarledaren och det rökdykarpar som står beredda vid baspunkten för avlösning och eventuellt nödläge att höra radiokommunikationen med rökdykarna (ibid.).

När rökdykarna kontrollerar lufttrycket för andra gången har de 100 bar och bestämmer sig för att begära avlösning. De backar bort från branden och sätter sig ner och inväntar avlösning. Det avlösande rökdykarparet går in med rökdykarledarens slang och avlöser den första rökdykargruppen vid strålröret, varpå man byter slangar. I samband med avlösningen uppstår det lite trassel och när det första rökdykarparet är på väg ut fastnar rökdykarledarens slang runt en bil varpå rökdykare 2 går tillbaka för att försöka få loss den och i samband med detta förloras kontakten med rökdykare 1. Samtidigt har rökdykare 1 fått dåligt med luft och tvingas ställa reservluftsventilen i återtågsläge och då han inte vet var rökdykare 1 befinner sig och inte heller vet åt vilket håll utgången är blir han stressad och ropar nödläge på radion. Rökdykare 2 hör detta och lyckas leta upp rökdykare 1. De båda rökdykarna sätter sig ner för att invänta hjälp men får ingen respons på radion att någon har uppfattat anropet om nödläge. Även rökdykare 2 ropar i detta skede på rökdykarledaren och den andra rökdykargruppen men får inte svar från någon av dem (Krook, 2010).

På utsidan har befälen uppfattat nödläget men de är inte säkra på vem som ropat eller exakt vad nödläget innebär. Klockan är nu 00:48 och

befälet begär ytterligare resurser för rökdykning till platsen. Det första befälet springer till rökdykarledaren och skickar in honom i garaget. Eftersom den avlösande rökdykargruppen tog med sig rökdykarledarens slang in går rökdykarledaren in utan slang och följer den slang som den avlösande rökdykargruppen tog med sig in. Rökdykarledaren lokaliserar den desorienterade rökdykargruppen och de tar sig gemensamt ut. Även den avlösande rökdykargruppen har nu uppfattat nödläget och beslutar sig för att gå ut. Klockan 01:02 återupptas släckinsatsen med skyddsgrupp och släcks därefter (Krook, 2010.).

Utifrån slutsatserna i olycksutredningen av Krook (2010) och tillämpning av ”The extended HTO framework” kan följande aspekter i interaktionen mellan olika systemkomponenter i samband med insatsen noteras:

Interaktion mellan mänsklig arbetsaktivitet och miljön • Mycket varmt i garaget. • Rökdykarna redan tidigt i insatsen desorienterade på grund av tät rök och stor lokal. • Rökdykarna kände sig inte trygga i den aktuella miljön. • Släckförsök med vatten har inte önskad effekt. Senare släcks branden med hjälp av pulver och premix (skumvätska+vatten).
Interaktion mellan mänsklig arbetsaktivetet och teknik • Rökdykarledaren och det andra rökdykarparet på baspunkten har svårt att uppfatta radiokommunikationen från rökdykarna på grund av buller från släckbil och PPV-fläkt. • Stress till följd av desorientering och hög värmebelastning har bidragit till en ovanligt hög luftförbrukning från rökdykarnas sida. • Rökdykare 2 som normalt ska sköta radiokommunikationen har uttryckt osäkerhet kring detta varför rökdykare 1 har påtagit sig denna uppgift.
Interaktion mellan mänsklig arbetsaktivitet och organisationen • Rökdykare 1 var relativt oerfaren i sin roll och parades ihop med en relativt nyanställd rökdykare. • Den lokala grundutbildningen för rökdykning omfattande inte övning i komplicerade objekt exempelvis underjordiska garage. • Den övningsverksamhet som bedrivs harmoniserar dåligt med de risker som finns inom släckområdet och med målen i kommunens handlingsprogram till skydd mot olyckor. • Sektorchefen med ansvar för rökdykning utför många arbetsuppgifter som egentligen åvilar rökdykarledaren. Rökdykarledaren uppfattar att sektorchefen övertagit ansvaret för radiokommunikation med rökdykargruppen. • Rökdykare 1 har under utbildning känt osäkerhet i sin förmåga att klara av arbete som rökdykare 1 men blir ändå godkänd för arbete som rökdykare 1 av instruktören. • Rökdykarna får ingen kvittens på att någon uppfattat deras radioanrop om ”nödläge”.

• Kunskaperna om föreskrifterna om rök- och kemdykning samt lokal rutin för rökdykning är bristfällig och flera avsteg görs från dessa. • Ingen gemensam lägesbild mellan rökdykare, rökdykarledare och befäl. • Avlösande rökdykare går in med rökdykarledarens slang vilket innebär att rökdykarledaren, i strid med rutinerna, saknar tillgång till vatten för brandsläckning.
Interaktion mellan miljön och tekniken • Ser inga konturer i värmekameran, sannolikt på grund av för homogen temperatur i garaget.
Kontextens påverkan • Första större rökdykarinsatsen för båda rökdykarna. • Rökdykarna upplevde att ”de hade förväntningarna på sig att klara uppdraget” och ville därför inte avbryta insatsen trots att de kände sig osäkra och desorienterade. • Godkännande som rökdykare 1 baseras inte enbart på den reella kompetensen utan även på organisationens behov av godkända rökdykare 1 samt behovet att frigöra tjänster som rökdykare 2 för nyanställda brandmän.

6.6 Insats i Västra Götalands län, 2011

Den aktuella branden inträffar i ett parkeringsgarage i två plan om vardera 4500 m² varav det under planet ligger helt under jord och det övre planet är ”halvöppet” med betongpelare som står längs väggarna med cirka 20 cm mellanrum. Parkeringsplatserna i garaget är utformade som gallerburar i vilka det förvarades mycket brännbart material som exempelvis däck och verktyg. Ovanpå en del av garaget är ett flerbostadshus i åtta våningar placerat (Bergholm & Wendt, 2011).

Räddningstjänsten larmas till den aktuella branden klockan 21:36 och under färd till platsen begär styrkeledaren på den närmaste brandstationen att en tredje station ska larmas till platsen då han vet att det är ett stort garage som larmet avser. Vid framkomst till platsen konstaterar styrkeledaren att det är utveckling av kraftig svart rök från garaget varpå han begär att ytterligare en station ska larmas platsen (Bergholm & Wendt, 2011).

När första styrka på plats öppnar portarna till garaget konstaterar de att det är rök ända ned till golvet. De vet i detta skede inte var branden är lokaliserad men är medvetna om att det är stora avstånd inne i garaget och de lägger därför ut 150 meter slang och påbörjar rökdykning för att finna i vilken del av garaget som det brinner. Samtidigt har ytterligare en station kommit till platsen och dessa sätts in som skyddsgrupp för den första rökdykargruppen. Den första rökdykargruppen tvingas retirera när de nått ungefär 2/3 av sträckan fram till branden på grund av att de får ont om luft. Skyddsgruppen fortsätter arbetet men nu som ny

rökdykargrupp och en ny skyddsgrupp sätts in från ytterligare en station som har anlänt till platsen. Insatsen blir mycket personalkrävande eftersom rutinerna kräver att såväl skyddsgrupp som nödlägesgrupp ska finnas tillgängliga (Bergholm & Wendt, 2011).

Parallellt med den första rökdykarinsatsen försöker räddningsledningen hitta alternativa vägar in i garaget för att komma åt branden. Cirka 23:15 lokaliseras branden av en styrka som gått in i garaget via ett trapphus från ett av flerbostadshusen (cirka 80 meter från garageportarna). Genom användning av fläktar förhindras rökspridning till trapphuset samtidigt som rökdykarna fick en bättre miljö att arbeta i, trots detta är temperaturen extremt hög och rökdykarna var tvungna att kyla golvet i garaget för att kunna gå ned på knä. De arbetar även endast några minuter vid strålröret innan de får avlösning på grund av den starka värmen (Bergholm & Wendt, 2011).

Arbetsbelastningen på rökdykarna var hög på grund av värmen (för de som gjorde insats via trapphuset), på grund av den långa inträngningsvägen (för de som gjorde insats via portarna) och som en följd av att rökdykarna genomförde 1-3 insatser var (Bergholm & Wendt, 2011).

Omkring 01:05 börjar insatserna ge effekt och rökdykarna släcker ned allt fler brinnande bilar. Klockan 10:00 dagen därpå avslutar räddningsledaren insatsen efter att eftersläckning och efterkontroll pågått hela natten. 22 bilar hade då blivit totalförstörda och cirka 140 fått rök- och sotskador. Några av bilarna hade utsatts för temperaturer över 1000°C vilket gjorde att plåten från bilarna smält fast i garagets betongplatta. Även garaget hade fått omfattande skador och på vissa platser hade betongen spjälkat så att armeringsjärnen blivit frilagda. Stålbalkarna i garaget hade klarat sig bättre till följd av att de var klädda med sprutad asbest som, i samband med branden i viss mån frigjorts till omgivningen, vilket dock inte kom till räddningstjänstens kännedom förrän två dagar efter insatsen (Bergholm & Wendt, 2011).

Utifrån slutsatserna i olycksutredningen av Bergholm och Wendt (2011) och tillämpning av ”The extended HTO framework” kan följande aspekter i interaktionen mellan olika systemkomponenter i samband med insatsen noteras:

Interaktion mellan mänsklig arbetsaktivitet och miljön • Extremt varmt. • De första rökdykarna upplevde att det var svårt att orientera sig inne i garaget till följd av att det var rökfyllt, det var långa avstånd och blev som en labyrint på grund av alla nätburar. • Asbest frigjordes vid branden och kontaminerade rökdykarnas skyddskläder och utrustning. • Det tog lång tid att lokalisera i vilken del av garaget branden fanns som en följd av att ingen riktig orientering gjordes runt hela byggnaden. Orsaken till det sistnämnda var att byggnaden är stor och geografiskt svår att överblicka, det hade krävts andningsskydd för att passera vissa delar av byggnaden samt att det fanns fysiska hinder som vara svåra att ta sig förbi.
Interaktion mellan mänsklig arbetsaktivetet och teknik • En styrka använder sig av premix (vatten + skumvätska) för brandsläckning och upplever att det har en positiv effekt på släckeffekten.
Interaktion mellan mänsklig arbetsaktivitet och organisationen • Rökdykning med skydds- och nödlägesgrupper krävde stora personella resurser. • Räddningsledningen upplevde det som svårt att avveckla rökdykarinsatsen som skedde från den första inträngningsvägen (garageportarna) då rökdykarna där meddelade att ”nästa rökdykargrupp kommer åt branden” och ville ”göra färdigt sitt arbete”.
Interaktion mellan tekniken och organisationen • Säkringslina som enligt organisationens instruktion ska finnas i rökdykarledarväskan och användas vid rökdykning i hög riskmiljö med stora svårigheter att orientera sig saknades på samtliga enheter som var på platsen.
Kontextens påverkan • Styrkeledarens kännedom om garaget gjorde att ytterligare resurser larmades i det inledande skedet. • Att stålbalkarna var sprutade med asbest var okänt för räddningspersonalen och har medfört att skyddskläder som sannolikt varit kontaminerade med asbest har sekundärkontaminerat släckbilar och brandstationer. Kläderna stoppades dessutom i tvättpåsar som inte märktes med ”Asbest” och när asbestproblematiken uppmärksammades var dessa kläder redan på tvätteriet. • Gallerburarna gjorde att det förvarades extra däck och andra brännbara föremål vilket bidrog till en ökad brandbelastning.

6.7 Insats i Västra Götalands län, 2012

Klockan 21:48 larmas den lokala räddningstjänsten till en brand i ett underjordiskt garage. Vid framkomsten sju minuter senare pågår spontanutrymning av ett antal flerbostadshus som gränsar till garaget och det är oroligt på platsen. Flera personer uppger att de vet var det brinner

och en rökdykarinsats genomförs där personerna uppger att det brinner dock utan att rökdykarna lyckas lokalisera någon brand (Liljeqvist, 2013).

När nästa styrka anländer till platsen 10 minuter efter den första styrkan har den första styrkan fått indikation på att det brinner på en annan plats i garaget och att det finns en närmare angreppsväg. Insatsen görs med rökdykargrupp och skyddsgrupp men när branden lokaliserats och den börjat släckas ned förbättras miljön i garaget varpå skyddsgruppen tas bort då den bedöms som överflödig (Liljeqvist, 2013).

Något senare i insatsen lokaliseras ytterligare en möjlig inträngningsväg som ligger ännu närmare branden och en tredje styrka sätts in för rökdykning via denna inträngningsväg. Denna styrka upplever att släckning med vatten inte ger särskilt bra effekt vilket gör att de övergår till att släcka med skum vilket visar sig ha bättre effekt (Liljeqvist, 2013).

Ingen person kommer till skada vid branden men det blir stora materiella skador i garaget och 11 bilar blir totalförstörda vid branden (Liljeqvist, 2013).

Utifrån slutsatserna i olycksutredningen av Liljeqvist (2013) och tillämpning av ”The extended HTO framework” kan följande aspekter i interaktionen mellan olika systemkomponenter i samband med insatsen noteras:

Interaktion mellan mänsklig arbetsaktivitet och miljön • Inte så stora problem med att ventilera ut brandgaserna då garaget delvis är öppet. • Gasflaskor fanns i garaget men dessa var inte värmepåverkade så rökdykarinsatsen kunde fortskrida.
Interaktion mellan mänsklig arbetsaktivetet och teknik • En styrka använder sig av skum för släckning och upplever att det, jämfört med vatten, har bättre släckeffekt. • Värmekamera användes endast i samband med rökdykning men kunde ha varit till hjälp för att lokalisera branden utifrån.
Interaktion mellan mänsklig arbetsaktivitet och organisationen • Insatsen tilldelas stora resurser. • Värmecontainer (värmestuga) larmades inte till platsen vilket kunde ha varit bra så att ej insatt personal kunnat hålla sig varm.
Kontextens påverkan • Rökspridning från garaget till intilliggande flerbostadshus via trapphus som anslöt till garaget ledde till spontanutrymning vilket fick lov att hanteras. • Rökspridning från garaget till intilliggande flerbostadshus och att röken lade sig tjock över området tvingade räddningstjänsten att utrymma personer som befann sig i fara i röken.

- Gallerburar leder till att det utöver fordon förvaras annat brännbart material i garaget.

6.8 Sammanställning av problem i samband med insatser i parkeringsgarage

Utifrån de insatser som analyserats kan konstateras att bränder i (underjordiska) parkeringsgarage kan vara mycket besvärliga att hantera på grund av kombinationen av ofta mycket stora lokaler och täta brandgaser där brandgaserna dessutom är besvärliga att ventilera ut för att få en bättre arbetsmiljö.

Det är vidare svårt att från utsidan av garaget bedöma var branden är lokaliserad vilket kan leda till att rökdykarna gör en inträngning i lokalerna via en dörr som befinner sig onödigt långt från branden. Detta medför att rökdykarna får en lång väg in till branden vilket gör att det tar längre tid att lokalisera branden vilket i sin tur får till följd att branden hinner tillväxa mer samt att rökdykarna utsätts för belastning under längre tid. Det är också rimligt att anta att en längre exponering för giftiga ämnen ökar sannolikheten att drabbas av cancer.

I något fall har brandgaserna varit så täta att den värmekamera som skulle användas för att lokalisera branden inte har kunnat användas eftersom rökdykarna inte sett kamerans bildskärm. Utöver problematiken med täta brandgaser kan även noteras att det i vissa av de undersökta fallen varit mycket eller extremt varmt.

Några av garagen har varit utrustade med gallerburar vilket har försvårat för rökdykarna att komma åt och släcka branden men även, i något fall, försvårat orienteringen i lokalerna.

Organisationernas egna rutiner för rökdykarinsatser i hög riskmiljö eller för långa inträngningsvägar har i flera fall inte följts och i flera av utredningarna framkommer att det finns brister i de inblandade räddningstjänsternas övningsverksamhet beträffande rökdykning i större komplicerade objekt med hög riskmiljö. I något fall har även rutinerna för rökdykning i hög riskmiljö bedömts vara ett otillräckligt stöd för arbetsledaren. Det framgår också av vissa av olycksutredningarna att det, i de fall rutinerna för hög riskmiljö följts, krävs stora personella resurser för att kunna genomföra kontinuerlig rökdykning under en längre tid.

I tre av de sju undersökta olycksutredningarna finns personalens erfarenhet omnämnd. I ett fall bedömdes rökdykarnas oerfarenhet ha bidragit till det tillbud som inträffade, i ett fall begränsade ansvarig arbetsledare hur långt in rökdykarna fick gå med hänvisning till deras

erfarenhet och i ett fall konstaterade den efterföljande utredningen att insatsen stannade upp när personal som var relativt oerfarna att utföra ”avancerad rökdykning” var insatta.

Buller från släckbil och fläkt vilket försvårat radiokommunikationen finns angivet i en utredning som en bidragande orsak till att ett tillbud inträffade och av samma utredning framgår att detta är ett relativt vanligt förekommande problem.

En försvårande omständighet i flera av de aktuella insatserna har varit att garagen har varit sammanbyggda med flerbostadshus vilket har inneburit att räddningstjänsten i flera fall fått lov att avdela resurser för att hantera eller förhindra rökspridning till dessa bostadshus. Detta har medfört att resurserna för att bekämpa själva branden har blivit mindre.

7 Diskussion

De litteraturstudier som genomförts har visat att rökdykning är ett fysiskt ansträngande arbete. Detta beror främst på användningen av tung personlig skyddsutrustning som försvårar kroppens värmeutbyte med omgivningen i kombination med att med att omgivningstemperaturen ofta är högre än normalt till följd av branden. Den höjning av kroppstemperaturen som rökdykarna drabbas av påverkar kognitionen och beteendet på ett sådant sätt att risken för misstag och olyckor ökar samtidigt som belastningen på hjärtat ökar. Den burna skyddsutrustningen påverkar även rökdykarnas balans vilket medför en ökad risk för fallolyckor. Detta leder sammantaget till att det ställs höga krav på brandmännens fysiska förmåga i samband med rökdykarinsatser.

Den nedsatta sikten, till följd av brandgaser, vid rökdykning försvårar dessutom insatsen för rökdykarna eftersom den kan leda till desorientering, problem att lokalisera branden eller försvåra för rökdykarna, eller annan personal på utsidan av byggnaden, att upptäcka risker i lokalerna. Andra förhållanden på brandplatsen som försvårar arbetet är buller som genereras från de fordon, pumpar och fläktar som används i samband med rökdykarinsatsen. Detta buller försvårar kommunikation vilket kan leda till en ökad risk för olycksfall.

Den undersökning som genomförts i detta arbete och som avser de anmälningar om allvarliga tillbud och arbetsskador som gjorts till arbetsmiljöverket under perioden 2002-01-01 till 2014-07-17 har visat att högst signifikant ($P<0,1\%$) fler tillbud inträffar nattetid (klockan 00:00-05:59) jämfört med dagtid (06:00-23:59). Vidare har analysen visat att det sker signifikant ($0,1\% \leq P<1\%$) fler olyckstillfällen då någon skadar sig nattetid än dagtid samt att högst signifikant ($P<0,1\%$) fler rökdykare skadar sig nattetid. En bidragande orsak till detta bedöms vara att brandmännen, vid larm på natten, befinner sig i ett tillstånd av så kallad sömntröghet till följd av att de i samband med larmet blir väckta ur sin sömn. Även det faktum att bränder som inträffar nattetid ofta hinner tillväxa mer innan de upptäcks och därför är större när räddningstjänsten kommer till platsen kan också vara en bidragande orsak till den högre andelen arbetsskador och allvarliga tillbud vid nattlarm.

Undersökningen av de anmälda allvarliga tillbuden och arbetsskadorna i samband med rökdykning har även visat att nästan signifikant ($1\% \leq P<5\%$) fler deltidsbrandmän än heltidsbrandmän skadar sig vid rökdykarinsatser. Det sker vidare högst signifikant ($P<0,1\%$) fler rökdykarinsatser där någon deltidsbrandman skadar sig än insatser där någon heltidsbrandman skadar sig. När det gäller inträffade tillbud finns dock ingen signifikant ($5\% \leq P$) skillnad mellan de båda grupperna.

När de bakomliggande orsakerna, enligt HFACS-modellen, till allvarliga tillbud och arbetsskador jämförs mellan hel- och deltidsbrandmän jämförs går det dock inte att hitta några signifikanta skillnader mellan de båda grupperna med ett undantag: För deltidsbrandmän är arbetsskador nästan signifikant oftare orsakade av brister i organisationens klimat (”organizational climate” i HFACS-modellen). Detta samband är dock svagt samtidigt som resultatet är osäkert då det endast är ett fåtal arbetsskadeanmälningar som är så detaljerade att det går att göra analyser på nivån om organisationens påverkan (organizational influences) i HFACS-modellen. Exempel på brister avseende organisationens klimat som noterats i arbetsskadeanmälningarna är att organisationens rutiner inte följts, att ansvarigt befäl väljer att inte fatta beslut om att inte genomföra rökdykning samt i några fall sannolikt för att rökdykning är så starkt förknippat med brandmannayrket att de inblandade personerna väljer att genomföra rökdykning trots uppenbara risker i den aktuella situationen.

Den studie av tillbuds- och arbetsskadeanmälningarna som gjorts har även visat att de flesta arbetsskador som inträffat i samband med rökdykning skett i villor. Dessa arbetsskador har ofta inträffat som en följd av en omfattande brand i kombination med en felaktig (eller utebliven) riskbedömning av ansvarig arbetsledare eller bristfällig kommunikation eller ledarskap hos befälet där det inte blir tydligt för brandmännen att rökdykning inte ska genomföras.

Sannolikt återfinns förklaringen till att hel- och deltidsbrandmän i så olika stor omfattning drabbas av arbetsskador i de skilda förutsättningar som finns för att utöva arbetet. Heltidsanställda brandmän har oftast mer övningstid, möjlighet att träna på arbetstid samt (oftast) fler larm vilket ger en större erfarenhet av rökdykning. Detta leder till att heltidsbrandmännens faktiska kompetens[9] när det gäller rökdykarinsatser bättre svarar mot situationens krav på kompetens. På motsvarande sätt har ett heltidsbefäl (arbetsledare) sannolikt en större erfarenhet av bränder i byggnader vilket ger bättre förutsättningar för att genomföra en korrekt riskbedömning och besluta om hur insatsen ska genomföras.

De flesta allvarliga tillbuden har inträffat i parkeringshus. Dessa tillbud bedöms främst ha orsakats som en följd av utformningen av själva parkeringsgaragen och att det, vid brand i bilar, kan bildas stora mängder tjocka brandgaser med hög temperatur. Att parkeringsgarage ofta är stora innebär att det är svårt för brandmännen att orientera sig och att lokalisera branden samtidigt som inträngningsvägen kan bli mycket lång.

Dessa problem förvärras av att det ofta är svårt att ventilera ut brandgaserna. Sammantaget leder detta till att risknivån vid rökdykning i parkeringsgarage kan bli hög vilket i sin tur ställer krav på en organisation för att hantera detta.

Av de olycksutredningar som studerats i detta arbete framgår att det finns flera bakomliggande orsaker till att tillbud inträffat i samband med insatser i parkeringsgarage. I flera fall har det framgått att räddningstjänsternas övningsverksamhet har varit bristfällig när det gäller att öva rökdykning med långa inträngningsvägar i hög riskmiljö samt att den faktiska kompetensen[9] hos de brandmän som satts in för rökdykning i vissa fall har varit otillräcklig i förhållande till de krav som situationen ställt på dem. Det är således viktigt att organisationen gör en riskanalys över vilka faktiska krav som ställs på brandmännen i samband med rökdykarinsatser och att grundutbildningen och övningsverksamheten anpassas till dessa krav. Det är även viktigt att oerfarna brandmän får arbeta tillsammans med mer erfarna brandmän så att den samlade kompetensen inom rökdykarparet når upp till situationens krav och detta även under semestertider. En förklaring till att deltidsbrandmän sällan råkar ut för tillbud i denna typ av anläggning är sannolikt att denna typ av garage är relativt ovanliga i orter där det enbart finns deltidsorganisation.

Endast ett fåtal av de undersökta rökdykarinstruktionerna innehåller någon form av stöd för arbetsledaren när det gäller genomförandet av den riskbedömning som ska genomföras innan en rökdykarinsats påbörjas. Det fåtal checklistor för riskbedömning som funnits bland de undersökta rökdykarinstruktionerna bedöms, utifrån Ydén et. al:s (2000) modell över kompetensbegreppet (se avsnitt 3.4), dessutom vara bristfälliga. Detta beroende på att de enbart beaktar aspekter som hör till kontexten eller miljön, exempelvis om det finns liv att rädda eller om det rör sig om en omfattande brand i en stor lokal, och inte om rökdykargruppens faktiska kompetens svarar mot situationens krav på kompetens.

Även när det gäller insatser i hög riskmiljö är de instruktioner för rökdykning som lästs igenom i samband med detta arbete bristfälliga. Som exempel kan nämnas att endast ett fåtal instruktioner tar upp problematiken kring avlösningar av rökdykande personal. I några instruktioner där denna problematik tas upp har dock bedömningen gjorts att nio (rökdykande) brandmän ska kunna genomföra rökdykning med ett rökdykarpar, en skyddsgrupp, rökdykarledare och rökdykarkontrollant kontinuerligt under en timmes tid. Om hänsyn tas till resultaten från Horn et als. (2013) studie där det konstaterades att

[9] Med den definition av kompetens som används i kapitel 3.4.

sänkningen av kroppstemperatur vid vila går ungefär hälften så snabbt som temperaturökningen under rökdykningsarbete så innebär dessa standardrutiner att rökdykarna, när de påbörjar sin andra rökdykarinsats, har en förhöjd kroppstemperatur om inte en strategi med aktiv kylning (se kapitel 5.4.4) tillämpas. För att undvika att personalen påbörjar en upprepad rökdykarinsats med förhöjd kroppstemperatur så krävs, med utgångspunkt från Horn et al. (2013), minst dubbelt så många rökdykare för avlösning som det finns insatta rökdykare.

Vidare har det i några instruktioner för rökdykning vid hög riskmiljö konstaterats att avlösningsgruppen tillika är nödlägesgrupp. Detta innebär att om den nyligen insatta avlösningsgruppen drabbas av ett nödläge så är det rökdykare som nyligen blivit avlösta, och som då sannolikt befinner sig i ett ogynnsamt tillstånd kroppstemperaturmässigt, som ska gå in för att rädda de nödställda.

7.1 Resultatdiskussion

I samband med arbetet begärdes att få ta del av samtliga, till Arbetsmiljöverket, inrapporterade allvarliga tillbud och olyckor i samband med rökdykning. Då den lista som erhölls från Arbetsmiljöverket jämfördes med de händelser som finns på den kommersiella tjänsten Utkiken[10] noterades att händelser som fanns på Utkiken saknades på listan från Arbetsmiljöverket och vice versa. Detta innebär sannolikt att det inte är helt lätt att söka i Arbetsmiljöverkets diariesystem och att sökresultaten i diariet därför är beroende av hur sökningen görs av handläggaren på Arbetsmiljöverket. Eftersom arbetet baseras på dels en egen begäran om att få ta del av handlingar från Arbetsmiljöverket och dels en kommersiell tjänst som begärt ut handlingar från Arbetsmiljöverket är förhoppningen att samtliga handlingar som rör Arbetsskador i samband med rökdykning ska finnas med. Det är dock sannolikt att det finns såväl anmälningar om arbetsskador och tillbud som inte har hittats. Dessa anmälningar bör dock rimligen vara förhållandevis få i förhållande till de handlingar som hittats varför de inte bedöms påverka slutsatserna i rapporten i någon större utsträckning.

Det har dessutom sannolikt inträffat betydligt fler allvarliga tillbud i samband med rökdykning än vad som anmälts till Arbetsmiljöverket. Hamilton (1996) menar att det för varje katastrof eller storskada inträffar 10 skador av mellanstorlek, 30 mindre skador och 600 tillbud. Bland anmälningarna till Arbetsmiljöverket återfinns dock endast 24 anmälningar om allvarliga tillbud vilket innebär att antalet anmälningar

[10] www.utkiken.net

om tillbud är färre än antalet anmälningar om arbetsskador. Detta innebär i sin tur sannolikt att det finns ett mycket stort antal tillbud som inte har anmälts till Arbetsmiljöverket. Det är möjligt att det, om dessa tillbud hade varit kända, hade dragits andra slutsatser i rapporten kring vid vilken typ av insatser som tillbud inträffar och orsakerna till dessa. Vad som ytterligare bör beaktas när det gäller tillbud är att endast fem anmälda tillbud rör deltidsbrandmän vilket, när det beaktas att antalet arbetsskadetillfällen hos deltidsbrandmän är högst signifikant fler än hos heltidsbrandmän, tyder på att rapporteringsgraden för tillbud som drabbar deltidsbrandmän är lägre än för heltidsbrandmän. Detta förhållande gör att slutsatserna kring i vilka typer av miljöer som deltidsbrandmän drabbas av tillbud är behäftade med mycket stor osäkerhet samt att det eventuellt även kan finnas en skillnad mellan de två grupperna avseende antalet inträffade tillbud.

Osäkerheten kring hur stor andel av de faktiskt inträffade tillbuden som inrapporterats till arbetsmiljöverket innebär även att resultaten från beräkningarna avseende signifikanta skillnader när det gäller tillbud är osäkra.

De resultat som erhölls vid beräkningarna visade att det har inträffat högst signifikant fler tillbud nattetid än dagtid. Det är dock rimligt att anta att benägenheten att rapportera tillbud är lika stor när tillbudet inträffar dagtid som när det inträffar nattetid. Dessutom har resultaten när det gäller arbetsskadetillfällen visat att signifikant fler arbetsskador inträffar nattetid. Sammantaget innebär detta att osäkerheten i indata när det gäller tillbud inte bör påverka resultatet avseende att signifikant fler tillbud inträffar nattetid.

När det gäller skillnader i antalet inträffade tillbud mellan hel- och deltidsanställda brandmän har beräkningarna visat att det inte finns någon signifikant skillnad mellan de två grupperna. Här bedöms dock resultatet av beräkningarna vara högst osäkert på grund av att det sannolikt finns ett stort antal tillbud som inte rapporterats till Arbetsmiljöverket samtidigt som antalet rapporterade tillbud som gäller deltidsbrandmän är mycket lågt i förhållande till antalet inträffade arbetsskador. Detta innebär sammantaget att författaren bedömer att det inte med säkerhet går att uttala sig om att det inte finns någon signifikant skillnad mellan grupperna.

7.2 Metoddiskussion

Även om HFACS-modellen inte är anpassad för att användas i samband med utredning av olyckor i samband med rökdykning utan för användning i samband med flygolyckor har den bedömts vara

förhållandevis lätt att använda och det har inte varit några stora problem att finna och klassificera de förhållanden som orsakat det allvarliga tillbudet eller olyckan. Tyvärr är de flesta anmälningar som gjorts till Arbetsmiljöverket om tillbud och arbetsskador dock mycket kortfattade och det är svårt att tränga ned på djupet (nivåerna ”Unsafe Supervision” och ”Organizational Influences” i HFACS-modellen) och på det sättet finna bakomliggande orsaker till att tillbuden och olyckorna har inträffat. De olycksutredningar som genomförts ger bättre möjligheter till detta även om det endast i ett fåtal utredningar tas upp förhållanden som ligger på nivån ”Organizational Influences”. Detta innebär att rapporten i stort sett inte innehåller några slutsatser kring faktorer på dessa nivåer.

Ett alternativt arbetssätt som skulle kunna ha använts för att finna bakomliggande faktorer till att arbetsskador tillbud inträffar hade varit att intervjua några brandmän kring en händelse. Detta förfaringssätt har dock bedömts göra det svårare att generalisera slutsatserna och uttala sig kring vilka problem som är vanligast förekommande i riket som helhet.

8 Slutsatser

Sannolikheten för att en rökdykare ska drabbas av ett tillbud eller en arbetsskada är störst i de fall rökdykarinsatsen genomförs nattetid (00:00-05:59). Beräkningar avseende tillbud och arbetsskador som inträffat under perioden 2002-01-01 till 2014-07-17 har visat att:

- Det inträffat högst signifikant ($P<0,1\%$) fler tillbud då rökdykarinsatsen genomförts nattetid än då rökdykarinsatsen genomförts dagtid.
- Signifikant ($0,1\% \leq P<1\%$) fler rökdykarinsatser då någon rökdykare kommit till skada har genomförts nattetid än dagtid.
- Högst signifikant fler rökdykare har skadats i samband med rökdykarinsatser nattetid.

Anställningsformen påverkar sannolikheten att drabbas av en arbetsskada i samband med rökdykarinsatser och deltidsbrandmän drabbas oftare än heltidsbrandmän av arbetsskador. De analyser som genomförts av tillbud och arbetsskador under den undersökta tidsperioden har visat att:

- Deltidsbrandmän har genomfört högst signifikant fler rökdykarinsatser där någon rökdykare har skadat sig.
- Nästan signifikant ($1\% \leq P<5\%$) fler deltidsbrandmän än heltidsbrandmän har skadat sig i samband med rökdykarinsatser.

Majoriteten av de arbetsskador som denna studie omfattat har inträffat i samband med rökdykarinsatser i villor. Dessa arbetsskador har ofta inträffat som en följd av en omfattande brand i kombination med en felaktig (eller utebliven) riskbedömning av ansvarig arbetsledare alternativt bristfällig kommunikation eller bristande ledarskap från arbetsledarens sida.

De flesta allvarliga tillbud som undersökts i denna studie har inträffat i parkeringsgarage. Dessa tillbud bedöms ha orsakats som en följd av att parkeringsgaragens utformning och de brandförlopp som inträffat har ställt höga krav på rökdykarnas kompetens samtidigt som brister i räddningstjänsternas övningsverksamhet och i de rutiner som finns för rökdykarinsatser gjort att rökdykarnas faktiska kompetens varit för låg.

9 Förslag till utveckling av FUMO™

Med utgångspunkt i de risker som rökdykare utsätts för i samband med insats bedöms den fortsatta utvecklingen av brandroboten lämpligen inriktas på att i första hand utveckla robotens teknik och användning så att den kan hjälpa rökdykarna att snabbt lokalisera en brand. Detta skulle leda till en minskning av den fysiska belastningen på rökdykarna men även den tid som rökdykarna exponeras för brandgaser vilket rimligen medför att upptaget av cancerogena ämnen genom huden minskar. Därefter bedöms det som lämpligt att robotens fortsatta utveckling inriktas på att förse den med någon form av anordning för att släcka branden alternativt sänka temperaturen på brandgaserna för att på detta sätt minska den fysiska belastningen på brandmännen.

Referenser

AFS 2005:6. *Medicinska kontroller i arbetslivet*. Solna: Arbetsmiljöverket. Hämtad 19 december 2014, från Arbetsmiljöverket, http://www.av.se/dokument/afs/afs2005_06.pdf

AFS 2005:16. *Buller*. Solna: Arbetsmiljöverket. Hämtad 12 oktober 2014, från Arbetsmiljöverket, http://www.av.se/dokument/afs/afs2005_16.pdf

AFS 2007:7. *Rök- och kemdykning*. Solna: Arbetsmiljöverket. Hämtad 19 december 2014, från Arbetsmiljöverket, http://www.av.se/dokument/afs/afs2007_07.pdf

Andersson, S., Eriksson, L., Eriksson, P., & Arvedahl, H. (2007). *Fördjupad olycksutredning: Brand i parkeringsgarage*. Sollentuna: Brandkåren Attunda. Från https://www.msb.se/sv/Kunskapsbank/Erfarenheter-fran-olyckor--kriser/Olycksundersokningar/Olycksundersokningar---kommuner/

Bakri, I, Lee, J.-Y., Nakao, K., Wakabayashi, H., & Tochihara, Y. (2012). Effects of firefighters' self-contained breathing apparatus' weight and its harness design on the physiological and subjective responses. *Ergonomics 55*(7), 782-791. doi: 10.1080/00140139.2012.663506

Barr, D., Gregson, W., & Reilly, T. (2010). The thermal ergonomics of firefighting reviewed. *Applied Ergonomics, 41*(1), 161-172. doi: 10.1016/japergo.2009.07.001

Bengtsson, L.-G. (2001). *Enclosure fires*. Karlstad: Räddningsverket.

Bergfeldt, M. (2010). *Brandutredning: Brand i garage under flerbostadshus*. Stockholm: Storstockholms brandförsvar. Från https://www.msb.se/sv/Kunskapsbank/Erfarenheter-fran-olyckor--kriser/Olycksundersokningar/Olycksundersokningar---kommuner/

Bergholm, U., Nilsson, M., & Bergström, J. (2010). *Olycksundersökning: Brand i parkeringsgarage, Siriusgatan*. Göteborg: Räddningstjänsten Storgöteborg. Från https://www.msb.se/sv/Kunskapsbank/Erfarenheter-fran-olyckor--kriser/Olycksundersokningar/Olycksundersokningar---kommuner/

Bergholm, U., Wendt, J. (2011). *Olycksutredning: Brand i parkeringsgarage Betzensgatan, Majorna Göteborgs kommun den 8 mars 2011*. Göteborg: Räddningstjänsten Storgöteborg. Från https://www.msb.se/sv/Kunskapsbank/Erfarenheter-fran-olyckor--kriser/Olycksundersokningar/Olycksundersokningar---kommuner/

Björkman, C., & Björnfot, J. *Fördjupad olycksundersökning: Brand i garage i Umeå 2010-02-17*. Umeå: Samhällsbyggnadskontoret, Umeå

kommun. Från https://www.msb.se/sv/Kunskapsbank/Erfarenheter-fran-olyckor--kriser/Olycksundersokningar/Olycksundersokningar---kommuner/

Bruck, D., & Pisani, D. (1999). The effects of sleep inertia on decision-making performance. *Journal of sleep research, 8*(2), 95-103. doi: 10.1046/j.1365-2869.1999.00150.x

Bullard. (2012). *Bullard T3 Series Thermal Imager User Manual*. Hämtad 1 mars 2015 från Bullard, http://apps.bullard.com/files/TI_T3MAXPLUS_BIDSPECS_GMBH_EN_LOW_8403.pdf

Cheung, S., McLellan, T., & Tenaglia, S. (2000). The Thermophysiology of uncompensable heat stress: Physiological manipulations and individual characteristics. *Sports Medicine, 29*(5), 329-359. doi: 10.2165/00007256-200029050-00004

Cheung, S. Petersen, S., & McLellan T. (2010). Physiological strain and countermeasures with firefighting. *Scandinavian journal of Medicine & Science in Sport, 20*(3), 103-116. doi: 10.1111/j.1600-0838.2010.01215.x

Chou, C., Tochihara, Y., & Kim, T. (2008). Physiological and subjective responses to cooling devices on firefighting protective clothing. *European journal of Applied Physiology, 104*(2), 369-374. doi: 10.1007/s00421-007-0665-7

Davis, P. O., & Dotson, C. O. (1987). Physiological aspects of fire fighting. *Fire Technology, 23*(4), 280-291. doi: 10.1007/BF01040585

Drysdale, D. (1985). *An introduction to fire dynamics*. New York, NY: John Wiley & Sons.

Eklund, J. (2003). An extended framework for humans technology and organization in interaction. In H. Luczac & K. Zink (Eds.), *Human Factors in Organizational Design & Management VII*. (pp. 47-54). Aachen: IEA Press.

Ergonomi och human factors sällskapet Sverige (u.å.). *Vad är ergonomi?*. Hämtad 15 mars 2014, från Ergonomi och human factors sällskapet Sverige, http://www.ergonomisallskapet.se/foreningsdok/Vad_ar_ergonomi.html

Ericson, M. (2011). *Nära inpå: Maskulinitet, intimitet och gemenskap i brandmäns arbetslag* (Doktorsavhandling, Göteborgs universitet, Sociologiska institutionen). Från https://gupea.ub.gu.se/bitstream/2077/25388/1/gupea_2077_25388_1.pdf

Fahs, C. A., Yan, H., Ranadive, S., Rossow, L. M., Agiovlasitis, S., Echols, G., ... Fernhall, D. (2011). Acute effects of firefighting on arterial stiffness and blood flow. *Vascular medicine, 16*(2), 113-118. doi: 10.1177/1358863X11404940

Fernhall, B. Fahs, C., Horn G., Rowland, T., & Smith, D. (2012). Acute effects of firefighting on cardiac performance. *European journal of Applied Physiology, 112*(2), 735-741. doi: 10.1007/s00421-011-2033-x

Graveling, R., & Hansson, M. (2000). Design of UK firefighter clothing. In K. Kuklane & I. Holmér (Eds.), *1st European Conference on Protective Clothing* (pp. 277-280). Stockholm: Arbetslivsinstitutet.

Greenlee, T. A., Horn, G., Smith, D. L., Fahey, G., Goldstein, E., & Petruzzello, S. J. (2014). The influence of short-term firefighting activity on information processing performance. *Ergonomics, 57*(5), 764-773. doi: 10.1080/00140139.2014.897375

Guidotti, T. L. (1992). Human factors in firefighting: Ergonomic-, cardiopulmonary-, and psychogenic stress-related issues. *Journal of Occupational and Environmental Health, 64*, 1-12.

Hamilton, G. (1996). *Risk management 2000*. Lund: Studentlitteratur.

Havenith, G. (2002). Interaction of clothing and thermoregulation. *Exogenous Dermatolgy, 1*(5), 221-230. doi: 10.1159/000068802

Horn, G. P., Blevins, S., Fernhall, B., & Smith, D. L. (2013). Core temperature and heart rate response to repeated bouts of firefighting activities. *Ergonomics, 56*(9), 1465-1473. doi: 10.1080/00140139.2013.818719

Horrocks, A. (2005). Thermal (heat and fire) protection. In R. Scott (Ed.), *Textiles for protection* (pp. 398-418). Cambridge: Woodhead.

Interspiro. (u. å.). *QS II-R: Basmodell handhavandemanual*. Hämtad 5 juni 2014 från Interspiro, http://www.interspiro.se/K7MP3/media/Products/PDF/QSII-R_Basmodell_Anvandarmanual.pdf

Jaldell, H. (2004). *Tidsfaktorns betydelse vid räddningsinsatser: En uppdatering av en samhällsekonomisk studie*. Karlstad: Räddningsverket.

Jones, J., McMullen, M. J., & Dougherty, J. (1987). Toxic smoke inhalation: Cyanide posoning in fire victims. *American Journal of Emergency Medicine, 5*(4), 317-321. doi: 10.1016/0735-6757(87)90360-3

Karlsson, B., & Quintiere, J. G. (2002). *Enclosure fire dynamics*. Boca Raton, FL: CRC Press.

Kerber, S. (2012). Analysis of changing residential fire dynamics and its implications on firefighter operational timeframes. *Fire Technology, 48*(4), 865-891. doi: 10.1007/s10694-011-0249-2.

Kim, D., Baek, D., & Yoon, W. (2010). Development and evaluation of a computer-aided system for analyzing human error in railway operations. *Reliability Engineering & Systems Safety, 95*(2), 87-98. doi: 10.1016/j.ress.2009.08.005.

Kong, P. W., Suyama, J., Cham, R., & Hostler, D. (2012). The relationship between physical activity and thermal protective clothing on functional balance in firefighters. *Research Quarterly for Exercise and Sport, 83*(4), 546-552. doi: 10.1080/02701367.2012.10599144

Krook, S. (2010). *Insatsutvärdering: Nödläge vid brand i garage Ramelsväg 45, 2010-03-10*. Malmö: Räddningstjänsten Syd. Från https://www.msb.se/sv/Kunskapsbank/Erfarenheter-fran-olyckor--kriser/Olycksundersokningar/Olycksundersokningar---kommuner/

Körner, S. (1996). *Statistisk dataanalys*. Lund: Studentlitteratur.

Liljeqvist, R. (2013). *Olycksutredning: Brand i parkeringshus, Galileis gata Göteborg 29:e november 2012*. Göteborg: Räddningstjänsten Storgöteborg. Från https://www.msb.se/sv/Kunskapsbank/Erfarenheter-fran-olyckor--kriser/Olycksundersokningar/Olycksundersokningar---kommuner/

Louhevaara, V., Ilmarinen, R., Griefahn, B., Künemund, C., & Mäkinen, H. (1995). Maximal physical work performance with European standard based fire-protective clothing system and equipment in relation to individual characteristics. *European journal of Applied Physiology and Occupational Physiology, 71*(2-3), 223-229.

Lusa, S., Louhevaara, V., Smolander, J., Kivimäki, M., & Korhonen, O. (2003). Physiological responses of firefighting students during simulated smoke-diving in the heat. *American Industrial Hygiene association journal, 54*(5), 228-231. doi: 10.1080/15298669391354603

Malmsten, C., & Söderholm, B. (1989). *Fysisk träning för räddningstjänsten*. Stockholm: Svenska brandförsvarsföreningen.

Matchock, R. L., & Mordkoff, J. T. (2007). Visual attention, reaction time, and self-reported alertness upon awakening from sleep bouts of varying lengths. *Experimental brain research, 178*(2), 228-239. doi: 10.1007/s00221-006-0726-x

McEntire, S. J., Suyama, J., & Hostler, D. (2012). Mitigation and prevention of exertional heat stress in firefighters: A review of cooling strategies for structural firefighting and hazardous materials responders. *Prehospital emergency care, 17*(2), 241-260. doi: 10.3109/10903127.2012.749965

Morley, J., Beauchamp, G., Suyama, J., Guyette, F. X., Reis, S. E., Callaway, C. W., & Hostler, D. (2012). Cognitive funcition following treadmill exercise in thermal protective clothing. *European journal of Applied Physiology, 112*(5), 1733-1740. doi: 10.1007/s00421-011-2144-4

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. (2014). *Räddningstjänst i siffror 2013*. Stockholm: Myndigheten för samhällsskydd och beredskap.

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. (u.å.). *IDA - MSB:s statistik och analysverktyg*. Hämtad 30 juni 2014, från Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, http://ida.msb.se/ida2#page=a0087

Mäkinen, H. (2005) Firefighters' protective clothing. In R. Scott (Ed.), *Textiles for protection* (pp. 622-647). Cambridge: Woodhead.

Oken, B. S., Salinsky, M.C., & Elsas, S. M. (2006). Vigilance, alertness, or sustained attention: physiological basis and measurement. *Clinical neurophysiology, 117*(9), 1885-1901. doi: 10.1016/j.clinph.2006.01.017

Olofsson, M. *Förtydligande angående uppgifter i media om minskat antal brandmän*. (2011). Stockholm: Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. Från https://www.msb.se/Upload/Nyheter_press/PM%20ang%C3%A5ende%20minskat%20antal%20brandm%C3%A4n.pdf

P&R Infrared. (u.å.). *Thermal Imaging: Facts vs. Fiction*. Hämtad 1 mars 2015 från P&R Infrared, https://pr-infrared.com/about-thermal-imaging/thermal-imaging-facts-vs-fiction/

Park, K., Hur, P., Rosengren, K. S., Horn, G. P.,& Hsiao-Wecksler, E. (2010). Effect of load carriage on gait due to firefighting air bottle configuration. *Ergonomics, 53*(7), 882-891. doi: 10.1080/00140139.2010.489962

Prop 2002/03:119. *Reformerad räddningstjänstlagstiftning*. Stockholm: Riksdagens tryckeriexpedition

Reason, J. (1990): The contribution of latent human failures to the breakdown of complex systems. *Philosophical Transactions of the Royal Society Biological Sciences, 327*(1662), 475-484. doi: 10.1098/rstb.1990.0090

Richmond, V. L., Rayson, M. P., Wilkinson, D. M., Carter, J. M., & Blacker, S. D. (2008). Physical demands of firefighter search and rescue in ambient environmental conditions. *Ergonomics, 51*(7), 1023-1031. doi: 10.1080/00140130801939709

Romet, T. T., & Frim, J. (1987). Physiological responses to fire fighting activities. *Europeean Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology, 56*, 633-638. doi: 10.1007/BF00424802

Räddningsverket. (2002). *Deltidsanställda brandmän, kartläggning av orsaker till rekryteringsproblem och förslag till fortsatt arbete m.m.* Karlstad: Räddningsverket. Från http://rib.msb.se/Filer/pdf%5C18589.pdf

Sandahl, F.P. (2000) Utbildning i stressperspektiv. I *Pedagogiska grunder* (s. 208-229). Stockholm: Försvarsmakten.

Selkirk, G., & McLellan, T. (2004). Physical work limits for Toronto firefighters in warm environments. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene, 1*(4), 199-212. doi: 10.1080/15459620490432114

SFS 1977:1160. *Arbetsmiljölag*. Hämtad 19 december 2014, från Notisum, http://www.notisum.se/Pub/Doc.aspx?url=/rnp/sls/lag/19771160.htm

SFS 2003:778. *Lag om skydd mot olyckor*. Hämtad 19 december 2014, från Notisum, http://www.notisum.se/Pub/Doc.aspx?url=/rnp/sls/lag/20030778.htm

Sinden, K., MacDermid, J., Buckman, S., Davis, B., Matthews, T., & Viola, C. (2013) A qualitative study on the experiences of female firefighters. *Work, 45*(1), 97-105. doi: 10.3233/WOR-I21549

Smith, D. L., & Petruzzello, S. J. (1998). Selected physiological and psychological responses to live-fire drills in different configurations of firefighting gear. *Ergonomics, 41*(8), 1141-1154. doi: 10.1080/001401398186441

Stirling, M. (2000). Aspects of firefighter protective clothing selection. In K. Kuklane & I. Holmér (Eds.), *1st European Conference on Protective Clothing* (pp. 269-272). Stockholm: Arbetslivsinstitutet.

Thomas, P. H., & Walton, W. D. (1995). Estimating temperatures in compartment fires. In *The SFPE handbook of fire protection engineering* (2nd ed.) (pp. 3:134-3:147). Quincy, MA: National Fire Protection Association.

Tägtström, M. (red.). (2014). *Arbetsmiljölagen och dess förordning med kommentarer i lydelse den 1 juli 2014*. Stockholm: Arbetsmiljöverket.

Uneram, C. (2009). *Skydd mot brand: Före, under och efter räddningsinsats*. Stockholm: Myndigheten för samhällsskydd och beredskap.

Widmann, J. F., & Duchez, J. (2004). The effect of water sprays on fire fighter thermal imagers. *Fire Safety Journal, 39*(4), 217-238. doi: 10.1016/j.firesaf.2003.11.006

Wiegmann, D., & Shappell, S. (2001). Human error perspectives in aviation. *The International Journal of Aviation Psychology, 11*(4), 341-357. doi: 10.1207/S15327108IJAP1104_2

Wiegmann, D., & Shappell, S. (2003). *A human error approach to aviation accident analysis: The human factors analysis and classification system*. Aldershot: Ashgate.

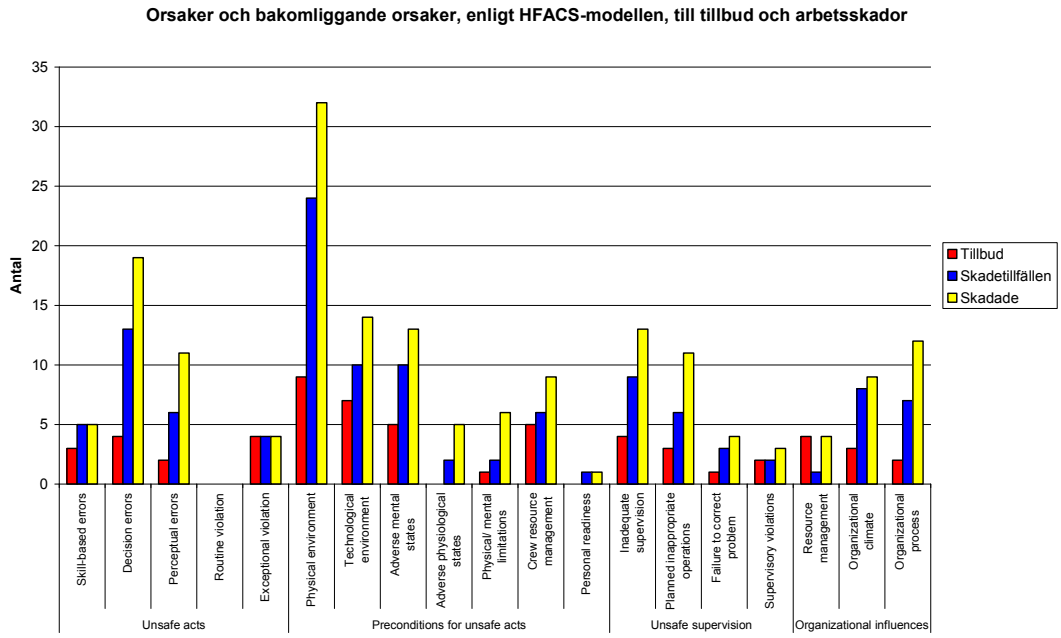
Windle, C. M., & Davies, N. J. (1996). The effect of fitness on performance in a hot environment wearing normal clothing and when wearing protective clothing. In *7th International Conference on Environmental Ergonomics* (pp 210-212). Tel Aviv: Freund Publishing House.

Wu, H.-C., & Wang, M.-J. (2001). Determining the maximum acceptable work duration for high-intensity work. *European journal of Applied Physiology, 85*(3-4), 339-344. doi: 10.1007/s004210100453

Ydén, K., Henriksson, C., Ivarsson, J., Lindström, M., & Weibull, A. (2001). Kompetens. I *Pedagogiska grunder* (s. 108-147). Stockholm: Försvarsmakten.

Bilaga 1: Analys med HFACS-modellen

Med hjälp av HFACS-modellen har en analys skett av de arbetsskador och tillbud som rapporterats till arbetsmiljöverket under under perioden 2002-01-01 till 2014-07-17. I figur 23 redovisas vid hur många tillfällen som respektive undernivå i HFACS-modellen bidragit till ett tillbud eller en arbetsskada[11].



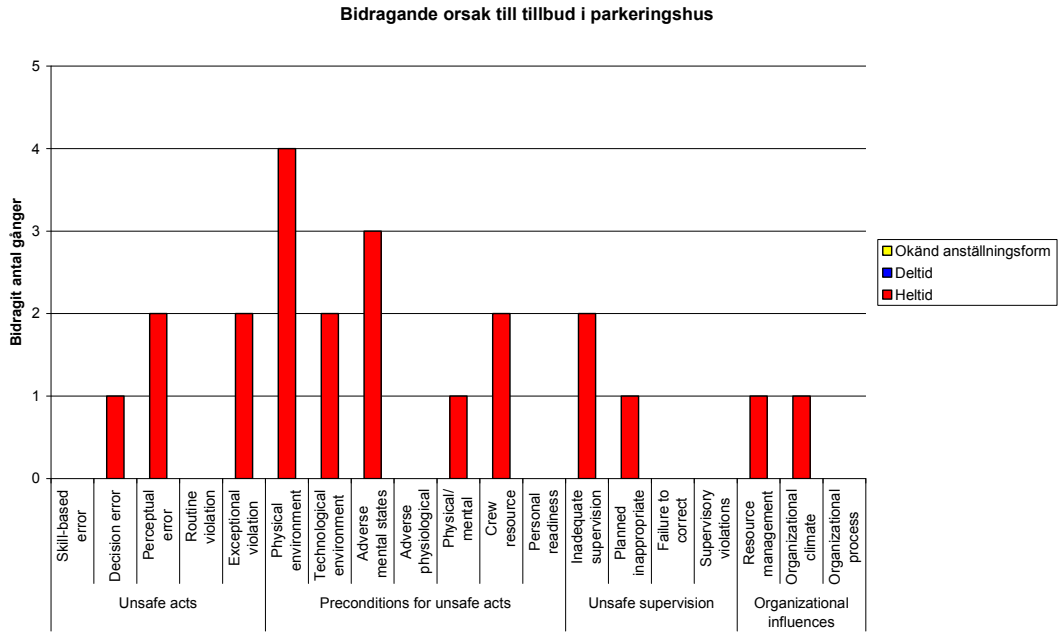
Figur 23: Orsaker, enligt HFACS-modellen, till de allvarliga tillbud och arbetsskador som inträffade i samband med rökdykning under 2002-2014.

I de följande underkapitlen återfinns diagram med mer detaljerade redovisningar över orsaker till tillbud och arbetsskador för olika byggnadstyper.

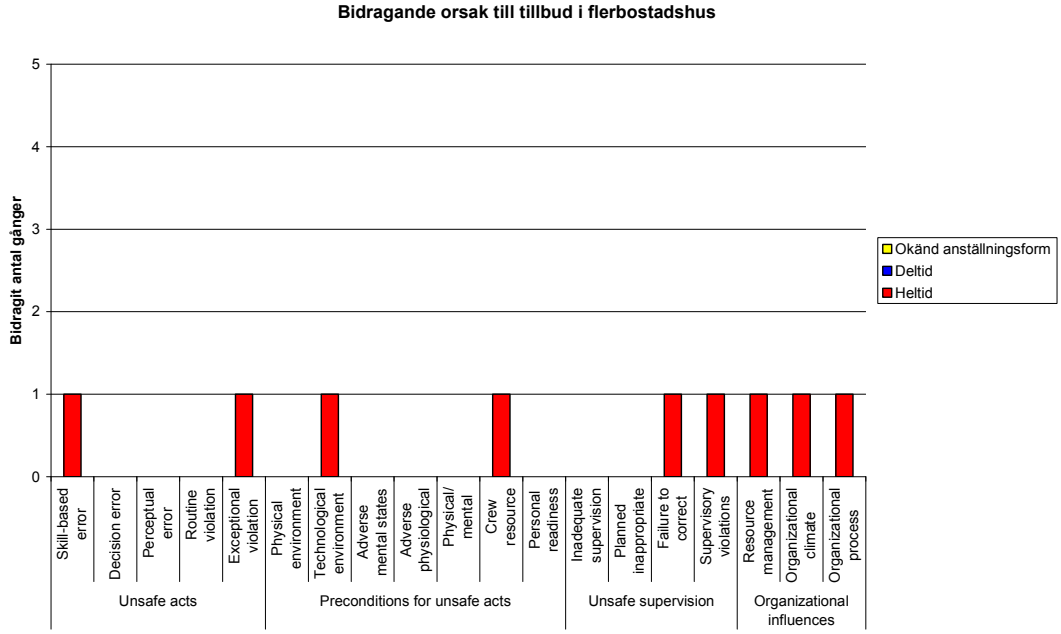
Orsak till tillbud fördelat på byggnadstyp

I figur 24 - 26 återfinns hur många gånger respektive undernivå i HFACS-modellen bidragit till att tillbud inträffat för de tre byggnadstyper där tillbud är vanligast (parkeringshus, flerbostadshus och industrier). I figur 27 redovisas hur många gånger respektive underkategori bidragit till tillbud för övriga byggnadstyper.

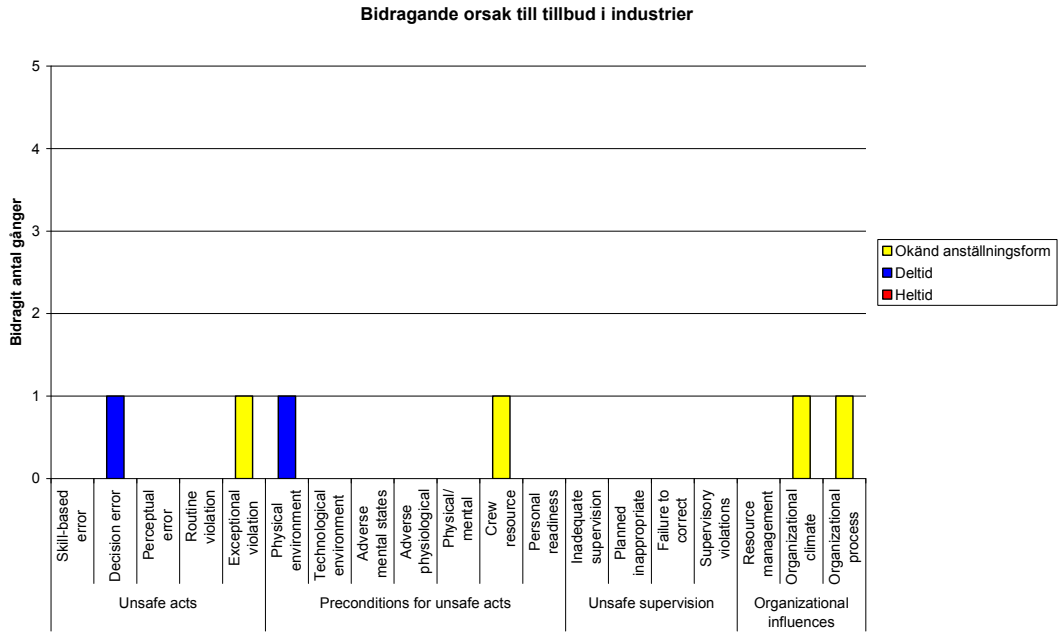
[11] Ett tillbud eller en arbetsskada kan ha flera orsaker vilket gör att om staplarna summeras så är summan större än antalet rapporterade tillbud.



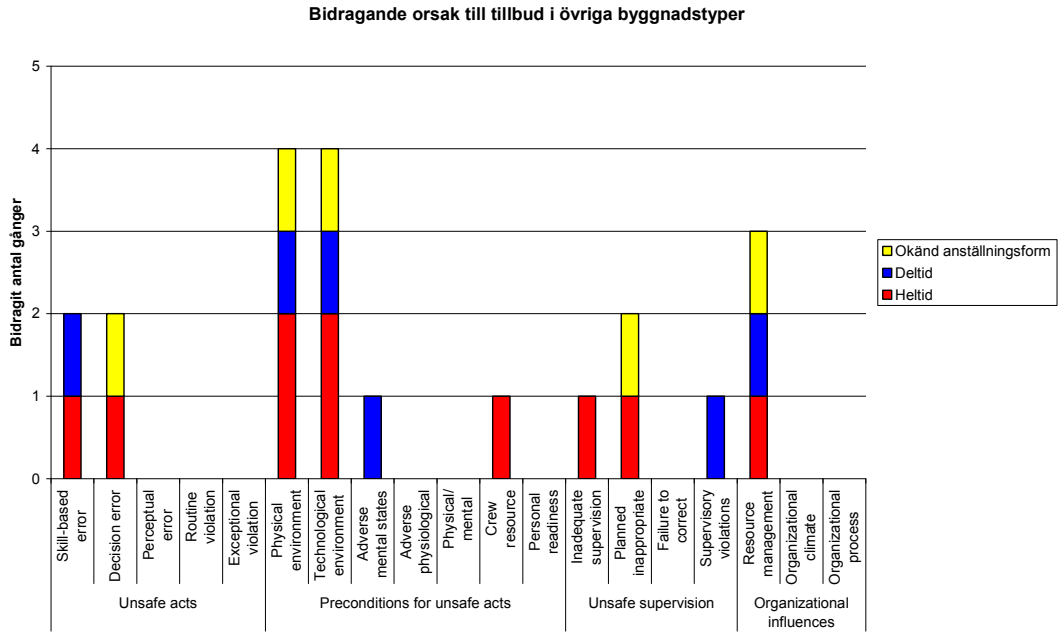
Figur 24: Bakomliggande orsaker, enligt HFACS-modellen, till tillbud i parkeringshus.



Figur 25: Bakomliggande orsaker, enligt HFACS-modellen, till tillbud i flerbostadshus.



Figur 26: Bakomliggande orsaker, enligt HFACS-modellen, till tillbud i industrier.

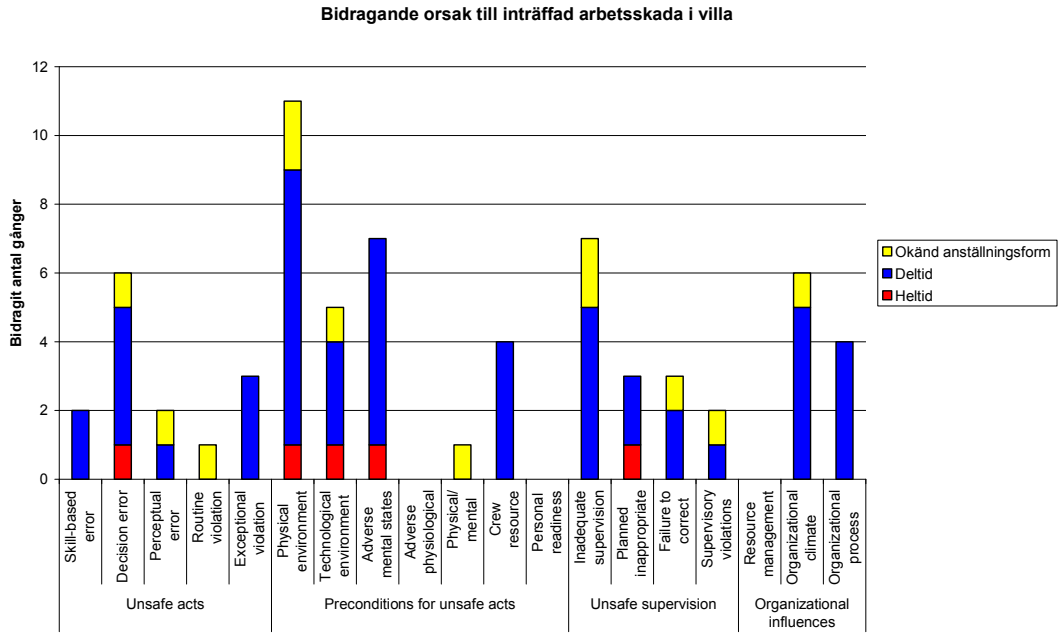


Figur 27: Bakomliggande orsaker, enligt HFACS-modellen, till tillbud i övriga byggnadstyper

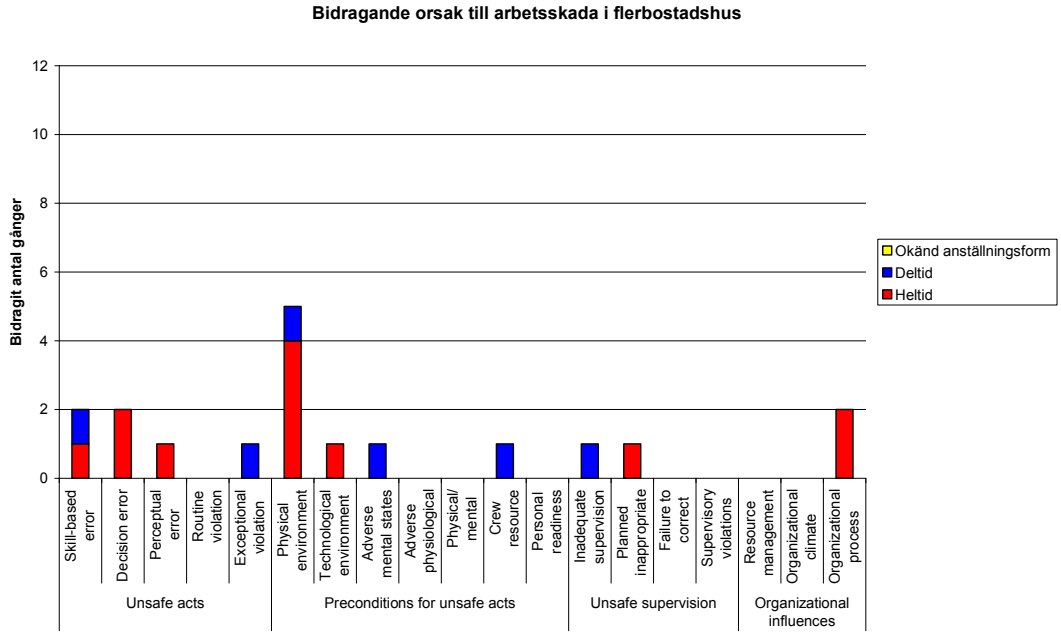
Orsak till arbetsskada fördelat på byggnadstyp

I figur 28 – 30 återfinns hur många gånger respektive undernivå i HFACS-modellen bidragit till att en arbetsskada har inträffat för de tre

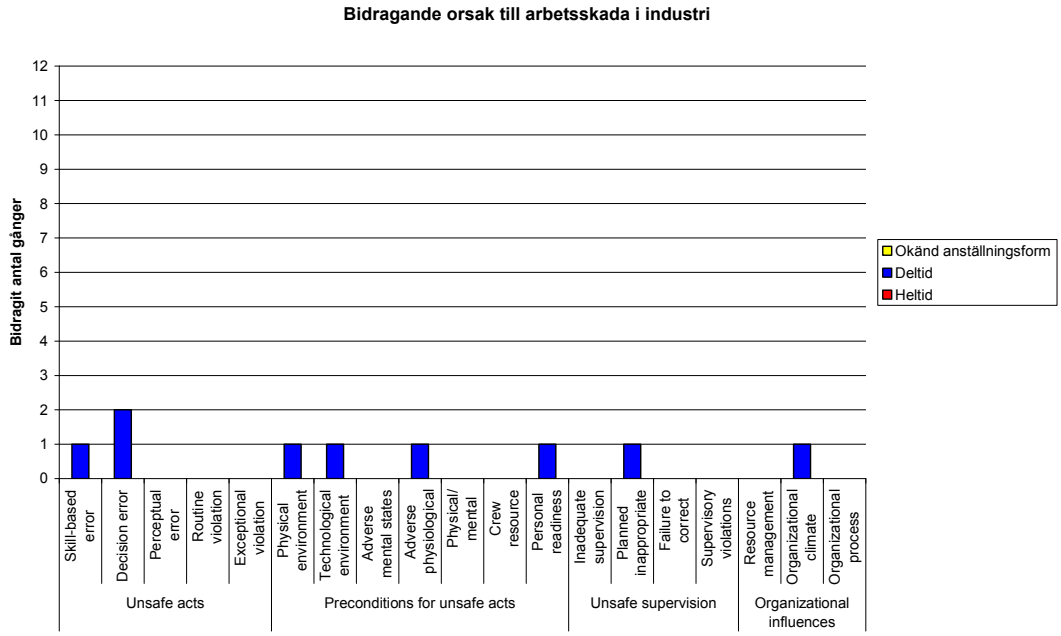
byggnadstyper där arbetsskador är vanligast (villor, flerbostadshus och industrier). I figur 31 redovisas hur många gånger respektive underkategori bidragit till arbetsskada för övriga byggnadstyper.



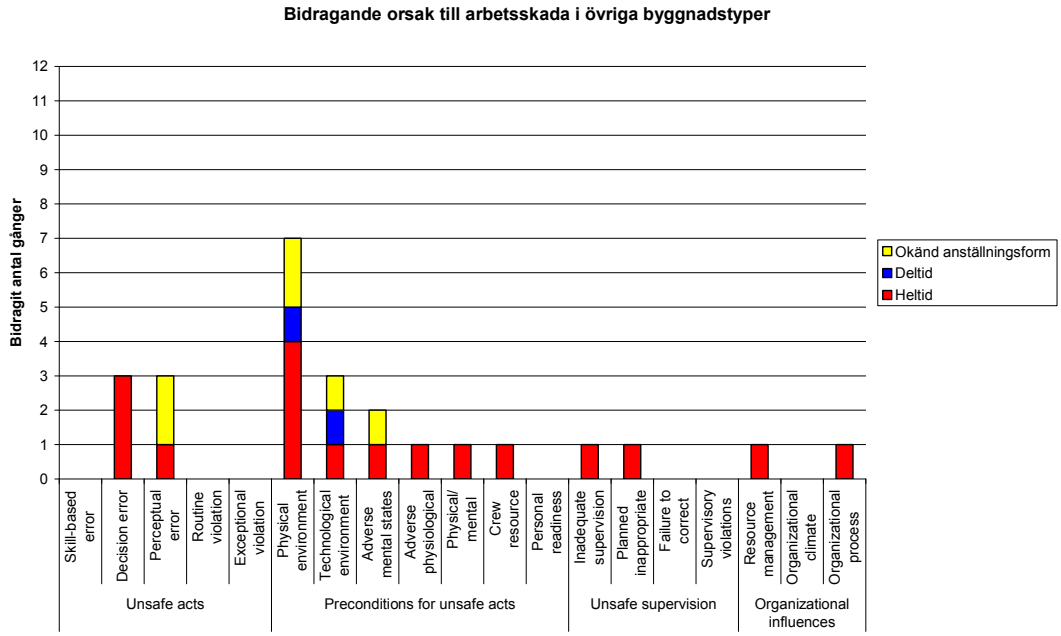
Figur 28: Bakomliggande orsaker, enligt HFACS-modellen, till arbetsskador i villlor.



Figur 29: Bakomliggande orsaker, enligt HFACS-modellen, till arbetsskador i flerbostadshus



Figur 30: Bakomliggande orsaker, enligt HFACS-modellen, till arbetsskador i industrier.



Figur 31: Bakomliggande orsaker, enligt HFACS-modellen, till arbetsskador i övriga byggnadstyper.

Bilaga 2: Exempel på orsaker till tillbud och arbetsskador i olika typer av byggnader

I tabell 6 anges, för de byggnadstyper där arbetsskador och allvarliga tillbud är vanligast, exempel på vad som orsakat tillbudet/arbetsskadan utifrån nivå och kategori i HFACS-modellen.

Tabell 6: Exempel på orsaker till arbetsskador och tillbud fördelade på byggnadstyp. I tabellen används (H) för att beteckna heltidsbrandmän, (D) för deltidsbrandmän och (O) i de fall anställningsformen är okänd.

Okänd byggnadstyp

Nivå	Kategori	Beskrivning
Unsafe Acts	Decision Error	· Räddningsledningen har beslutat om samtidig rökdykarinsats och insats med skärsläckare varpå rökdykare är nära att träffas av skärande vattenstråle (H).
	Perceptual Error	· Rökdykare snubblar på lina och faller (O).
Preconditions for Unsafe Acts	Technological Environment	· Skärande vattenstråle (H). · Radiosystemet slutar att fungera (H). · Tryckluftsapparat försämrat balans och bidragit till skadorna (O).
	Physical Environment	· Mycket svåra förhållanden (H). · Lina ligger olämpligt till (O).
	Adverse Mental State	· Trolig sömntröghet till följd av nattlarm (H), 2 fall.
	Crew Resource Management	· Bristande samordning mellan rökdykargruppen och personal som använder skärsläckare (H).
Unsafe Supervision	Planned Inappropriate Operations	· Olämpligt att använda skärsläckare när rökdykare kan befinna sig inom riskområdet (H)..

Rad-/par-/kedjehus

Nivå	Kategori	Beskrivning
Unsafe Acts	Perceptual Error	· Rökdykare uppmärksammar inte att källartrappan har brunnit upp och faller ned i källaren (H).
Preconditions for Unsafe Acts	Physical Environment	· Källartrappan bortbrunnen (H). · Inget utifrån indikerade att huset hade en källare (H).
	Adverse Mental State	· Trolig sömntröghet på grund av nattlarm (H).

Villa

Nivå	Kategori	Beskrivning
Unsafe Acts	Skill-based Error	· Flaskventil på andningsskydd endast delvis öppnad (D). · Överräcker strålrör med öppen flödesventil (D). · Gör ej temperaturkontroll innan inträngning i byggnad (D). · Trampar igenom icke bärande vindsbjälklag (H).
	Decision Error	· Arbetsledaren missbedömer risken med rökdykarinsats (D), 3 fall. · Arbetsledaren missbedömer risken med rökdykarinsats (H). · Går upprätt istället för kryper i starkt begränsad sikt (O). · Rökdykare har placerat sig olämpligt med hänsyn till risken för ras i samband med rivningsarbete (D). · Genomföra rökdykarinsats med blöta handskar (D). · Efter utvändig släckning går man på nytt in i en mycket varm byggnad som rökdykarna tidigare retirerat från (D). · Avbryter ej rökdykarinsats trots ett flertal indikationer på att något är fel med andningsskyddet (D).

	Perceptual Error	· Misstar nedåtgående källartrappa för uppåtgående vindstrappa (O). · I en villa (under renovering) utan golv uppmärksammar inte rökdykarna att det är en källare under en del av villan (D).
	Routine Violation	· Rökdykare utför arbetsuppgift på egen hand (2 olika rökdykare under samma insats) (O).
	Exceptional Violation	· Rökdykargruppen genomför rökdykning utan order från befäl (D) · Rökdykargruppen genomför rökdykning efter att befälet uppmanat dem att göra en egen OBBO (D). · Rökdykarledare inleder insatsen med endast halvfull tryckluftsapparat (D).
Preconditions for Unsafe Acts	Physical Environment	· Byggnadsdels bärighet påverkad av branden (D), 3 fall. · Byggnadsdels bärighet påverkad av branden (H). · Trolig sömntröghet till följd av nattlarm (D), 3 fall. · Golv saknades i byggnaden (D). · Extremt varmt (D). · Grenrör stod öppet när slangsystemet trycksattes (D). · Vind saknar bärande golv (H).
	Technological Environment	· Brandskyddsdräkt ger otillräckligt skydd mot brännskada vid genomtrampning av bjälklag (H). · Ingen indikation på hur mycket flaskventilen öppnats (D). · Inaktivitetslarm ljuder hela insatsen (D). · Konstruktion av byggnadsdel (D). · Felkonstruerat skyddsräcke (O). · Inaktivitetslarm saknades (O). · Fel på andningsskydd (D) · Uppkopplingstiden i den nya digitala radion (rakel) kan ha medfört att ingen uppfattat radioanrop ”nödläge” (D).
	Adverse Mental States	· För stort självförtroende (D). · För stort självförtroende (H). · Stress (till följd av att en av rökdykarna inledningsvis får ett halvfullt flaskpaket) (D). · Extrem stress (till följd av livräddning) (D).
	Physical/Mental Limitations	· Svårigheter att orientera sig på grund av den rökiga miljön (O).
	Crew Resource Management	· Bristande kommunikation och ledarskap mellan arbetsledaren och rökdykargruppen (D), 2 fall. · Otydligt ledarskap (ambulanspersonal föreslår hur insatsen ska genomföras) (D). · Bristande kommunikation på skadeplatsen (D).
Unsafe Supervision	Inadequate Supervision	· Befälet stoppar ej rökdykare som på egen hand går in och rökdyker utan order (D). · Otillräcklig vägledning avseende riskerna med att förflytta sig upprätt vid dålig sikt (O). · Otillräcklig OBBO för att ta reda på om byggnaden var försedd med källare (D) · Rökdykarna hade ej övat på vad som händer om flaskventilen inte är fullt öppen (D). · Räddningsledare ska precis avbryta arbetet då ras inträffar (D). · Rökdyker på egen hand (O). · Bristande ledarskap och kontroll (D). · Otillräcklig vägledning avseende bjälklagets bärighet (H).
	Planned Inappropriate Operations	· Olämpligt beslut om rökdykning i villa med fullt utvecklad brand (H). · Olämplig rivningsmetod med tanke på konstruktionen (D). · Inträngning i byggand sker via skarvstege och fönster på andra

		våningen (D). · Olämpligt att rökdyka i byggnad där det brunnit länge och inget liv finns att rädda (D).
	Failure to Correct Problem	· Inaktivitetslarm återställs ej efter en stunds inaktivitet (D). · Rökdykarledare inleder insatsen med knappt halvfullt luftpaket (D). · Skarvstege lite felplacerad för att vara lämplig för inträngning genom fönster på andra våningen (D). · Ytterligare en rökdykare gör insats på egen hand efter att den första hittats medvetslös (O).
	Supervisory Violations	· Skickar upp rökdykare ensam till övre plan för att öppna ett fönster (O). · Tillåter ”aktiv rökdykarledare” (D).
Organizational Influences	Resource Management	· Eventuellt otillräcklig träning om hur hus är uppbyggda (byggnadskonstruktion) (H).
	Organizational Climate	· En neddragning från 1+4 till 1+2 på den aktuella stationen var föreslagen men ej beslutad. Troligen har rökdykarna valt att göra insats för att ”bättra på” statistiken avseende antalet rökdykarinsatser som stationen genomförde (D). · Tycks inom organisationen vara accepterat att göra insatser med larmande skyddsutrustning (inaktivitetslarm) (D). · Egna rutiner följs ej vid insats då en person är kvar i byggnaden (D). · Sannolikt finns en egen definition av rökdykning i organisationen (ej rökdykning om branden är släckt även om det fortfarande råder tät brandrök) (O). · Arbetsledaren upplevs <u>ej</u> vilja ta beslut om att <u>inte</u> utföra rökdykning (D). · Rökdykare utsätter sig för förnyade risker trots att andningsskyddet krånglat vid ett flertal tillfällen under insatsen (D).
	Organizational Process	· Otillräcklig utbildning och övning av personalen avseende vad som händer om flaskventilen på andningsskyddet endast delvis är öppnad (D). · Bristande säkerhetsrutiner vid rivningsarbete (D). · Dåliga på att hantera ”styrkeuppbyggnad på plats”, något som blivit viktigare då organisationen infört av ”nivålarm” (D). · Tillåter ”aktiv rökdykarledare” (D).

Teater/biograf/museum

Nivå	Kategori	Beskrivning
Unsafe Acts	Decision Error	· Arbetsledaren missbedömer riskerna med rökdykarinsatsen.
Preconditions for Unsafe Acts	Physical Environment	· Byggnadsdels bärighet påverkad av branden.

Parkeringshus

Nivå	Kategori	Beskrivning
Unsafe Acts	Decision Error	· Arbetsledare missbedömt riskerna med rökdykarinsatsen (H).
	Perceptual Error	· Rökdykarna blir desorienterade till följd av dålig sikt (H), 2 fall.
	Exceptional Violation	· Håller ej ihop med rökdykarparkamraten (H), 2 fall.
Preconditions for Unsafe Acts	Physical Environment	· Extremt varmt och rökigt (H). · Betong spjälkar och installationer faller ned från taket som en följd av den extrema värmen (H). · Stor rökfylld lokal (H).
	Technological Environment	· Värmekamera ger ingen bild (white-out) till följd av den extrema temperaturen (H).

		· Buller från PPV-fläkt maskerar radiokommunikation (H).
	Adverse Mental States	· Trolig sömntröghet till följd av nattlarm (H), 3 fall. · Stress (H). · Bristande erfarenhet av arbetet (H).
	Crew Resource Management	· Bristande kommunikation mellan rökdykarna (H). · Bristande kommunikation mellan rökdykarna och rökdykarledaren (H). · Otydlig kommunikation mellan arbetsledaren och rökdykarledaren (H).
	Personal Readiness	
Unsafe Supervision	Inadequate Supervision	· Rökdykarledaren vet inte om rökdykarna befinner sig inne i eller utanför byggnaden (H). · Otydlig vägledning och träning av personalen avseende insatser i parkeringsgarage (H).
	Planned Inappropriate Operations	· Rökdykargruppen sammansatt av relativt oerfarna rökdykare (H).
Organizational Influences	Resource Management	· Rutiner för internutbildning av rökdykare bristfälliga (H).
	Organizational Climate	· Rökdykarna upplevde att de hade ”förväntningarna på sig” och ville inte avbryta insatsen (H).

TRITA 2015:108

www.kth.se