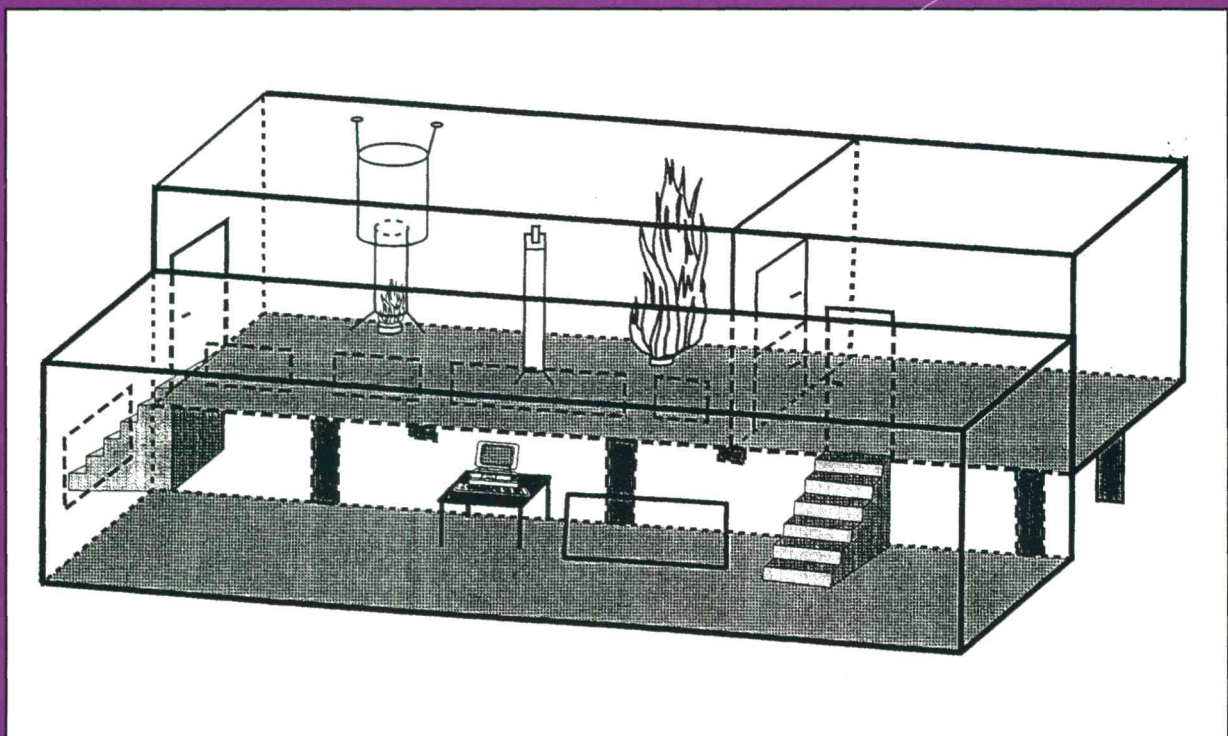


# Räddningsverkets anläggning för försök, utbildning/övning och forskning i het miljö



## **Räddningsverkets anläggning för försök, utbildning/övning och forskning i het miljö**

Rapporten har utarbetats av

Dan Carlsson. Räddningsverket. Enheten för metod och teknik, tfn 054-10 42 13, vxl 054-10 40 00

1997 Räddningsverket, Karlstad  
Räddningstjänstavdelningen  
ISBN 91-88891-03-8

Beställningsnummer P21-203/97  
1997 års utgåva

# Swedish Rescue Services Agency facility for research, training and tests in heat.

## Abstract

Fire fighters routinely encounter conditions of high temperatures and radiant heat in course of fire fighter operations. While various parts of Firefighters protective suits are evaluated to various requirements in ISO CEN and NFPA standards. Fire fighters may not be aware of the specific protective qualities of selected personal protective equipment particularly when work as an ensemble. The main part of this report describes carefully controlled training under these conditions defined by prof. B.N. Hoschke and quantified by NASA which allow fire fighters to better understand the protective qualities and their own limitations. The test chamber can also be used for research work, for example of heat stress, training and tests of products. The test chamber can operate in different steady temperatures on different levels in the test room as well as various steady radiant heat source.

# Innehållsförteckning

Sammanfattning	3
Inledning	4
1. Allmänt	4
2. Aktuella normer	5
3. Försöksanläggning	5
3.1 Försöksrummet	5
3.2 Försöksförhållanden	5
3.2.1 Lufttemperatur	5
3.2.2 Strålningenergi	6
3.3 Energikälla	6
3.4 Mätning	6
3.5 Kalibrering	6
4. Försök	6
4.1 Säkerhet	6
4.1.1 Försöksperson	6
4.1.2 Försöksledaren	7
4.1.3 Under försök	7
4.2 Genomförande	7
5. Försöksrapport	8
6. Referenser	9
<b>Bilagor:</b>	
A Skiss försöksanordning rörelseprogram	9
B Ritning försöksanordning	9
B2 Material för försöksrummet	10
C Energikälla	11
C2 Beskrivning av ugn och brännare	12
D Beskrivning av mätatorsystemet	13
E1 Beskrivning brandbekämpningsmiljö	16
E2 NASA-tabellen	17

# Räddningsverkets anläggning för försök, utbildning/träning och forskning i het miljö.

## Sammanfattning

Räddningsverkets försöksanläggning kan skapa skiftande heta miljöer med temperaturer från 50° C till 500° C och värmestrålningen från 2 till 10 kW/m<sup>2</sup>sec. Detta förhållande gör att anläggningen med fördel även kan användas av institutioner, industri och organisationer för forskning, försök och utveckling. I denna rapport redovisas hur ett standardiserat försök med personlig skyddsutrustning i het miljö kan utföras.

# Inledning

Brandmän utsätts ofta för höga temperaturer och strålningsvärme i samband med släckningsinsatser. Olika delar av den personliga skyddsutrustningen till exempel kläder, skor hjälm och handskar skall uppfylla materialkrav enligt gällande normer (CEN, ISO, NFPA). Det är t ex svårt för brandmän att värdera de specifika skyddskvaliteterna för olika delar av den personliga skyddsutrustningen när dessa tillsammans skall fungera under svåra förhållanden. Noggrant övervakade övningar under kontrollerade förhållanden kan ge brandmännen bättre kunskaper om skyddskvaliteter för deras personliga skyddsutrustning. Anläggningen togs ursprungligen fram för detta ändamål men har senare utvecklats och är lämplig att användas för t ex:

- forskning om fysiologisk belastning
- utbildning/övning i het miljö
- materieltester för olika ändamål

I denna rapport redovisas hur ett standardiserat försök med personlig skyddsutrustning i het miljö kan genomföras.

## 1. Allmänt

I anläggningen skapas brandbekämpningsmiljö med höga temperaturer och strålningsvärme enligt professor B.N. Hoeschkes definition (bilaga E1). NASA har i projekt Fire gjort en kvantifiering av Prof Hoeschkes forskning i fyra klasser. Noggrant övervakade arbetsmoment kan genomföras.

Test av personlig skyddsutrustning utförs i miljö motsvarande klass 3 (bilaga E2).

Försöket sker i ett testrum som upphettats till förhållanden som kan uppträda i samband med rökdykning. För att garantera brandmannens säkerhet under övningen övervakas temperatur på olika kroppsdelar och vid olika kropps rörelser. (bilaga A).

Detta försök får endast genomföras vid utbildning/test där den personliga skyddsutrustningen uppfyller gällande krav antingen i ISO-, CEN- eller NFPA-normer för personlig skyddsutrustning för brandmän.

## 2. Aktuella normer

NFPA 1971 Standard on Protective Ensemble for Structural Fire Fighting 1996 Edition NFPA 1971 Standard on Protective Ensemble for Structural Fire Fighting 1996 Edition

EN 469 Protective clothing for firefighters. Requirements and test methods for protective clothing for firefighting

ISO 11613 Protective Clothing for Fire Fighters - Laboratory Test Methods and Performance Requirements ISO 11613 Protective Clothing for Fire Fighters - Laboratory Test Methods and Performance Requirements

EN 659 Protective gloves for Firefighters EN 659 Protective gloves for Firefighters  
EN 344 Requirements and test methods for safety protective and occupational footwear for professional use, and EN 345 Specification for safety footwear for professional use  
EN 344 Requirements and test methods for safety protective and occupational footwear for professional use, and EN 345 Specification for safety footwear for professional use

EN 443 Helmets for firefighters.

NFPA 1981 Standard on Open-Circuit, Self-Contained Breathing Apparatus NFPA 1981 Standard on Open-Circuit, Self-Contained Breathing Apparatus. 1993 Edition

EN 137 Self-Contained Breathing Apparatus

## 3. Försöksanläggning

### 3.1 Försöksrummet

Försöksrummet skall vara minst 6,1 meter långt, minst 2,3 meter högt och 2,3 meter brett. Det kan vara en vanlig 40-fots container som delats upp i tre områden. För information om konstruktion, se BILAGA B

### 3.2 Försöksförhållanden

#### 3.2.1 Lufttemperatur

Under försöket får lufttemperaturen vid nivån 120 cm inte avvika mer än 10°C från erforderliga 250°C. Medeltemperaturen under övningen får inte avvika med mer än 5°C från erforderliga 250°C.

Under försöket får lufttemperaturen vid nivån 220 cm inte avvika mer än 20°C från förväntade 320°C. Medeltemperaturen under övningen får inte avvika med mer än 10°C från förväntade 320°C.

### 3.2.2 Strålningsenergi

Under försöket får den uppmätta strålningsenergin inte avvika med mer än 1 kW/m<sup>2</sup> från erforderliga 5,0 kW/m<sup>2</sup>, i den övre halvsfären från 120 centimeters nivån.

Medelstrålningsenergin under övningen får inte avvika med mer än 1,0 kW/m<sup>2</sup>, från förväntade 5,0 kW/m<sup>2</sup>.

### 3.3 Energikälla

Övningsrummet hettas upp av två propanlågor på olika nivåer. En lämplig konstruktion beskrivs i BILAGA C.

### 3.4 Mätning

Mättdatorsystem beskrivs i BILAGA D

Kontinuerlig mätning och registrering var femte sekund under följande förhållanden:

- Lufttemperaturer vid höjder över golvet på 220 cm, 170 cm och 120 cm. Givaren skall sitta 12 cm från väggen
- Mät noggrannhet  $\pm 5^{\circ}\text{C}$ , mätsteg  $1^{\circ}\text{C}$ .
- Strålningsenergi i kW/m<sup>2</sup>, från den övre halvsfären. Mät noggrannhet  $\pm 0,1$  kW/m<sup>2</sup>, mätsteg 0,1 kW/m<sup>2</sup>.
- Temperatur på huden med speciella standardiserade hudsensorer.
- Temperatur mellan över- och underklädsel på "axelparti nedre del" med standardiserade sensorer.

### 3.5 Kalibrering

Värmegivaren skall före installation kalibreras av ett godkänt laboratorium eller provanstalt och därefter en gång om året.

## 4. Försök

### 4.1 Säkerhet

#### 4.1.1 Försöksperson

Försökspersonens säkerhet måste särskilt beaktas och därav följer att lämpliga försiktighetsåtgärder skall vidtas för att skydda deltagaren från skada.

Försökspersonen måste vara en brandman som har genomgått grundutbildning för rök- och kemdykning och är fullt frisk.

Försökspersonen skall dricka en halv liter vatten före försöket. Vattnet skall drickas lite åt gången.

Försökspersonen kan alltid själv besluta sig för att avbryta försöket.



### 4.1.2 Försöksledaren

Försöksledaren bör vara utbildad som brandbefäl.

Försöksledaren skall kontrollera utrustningens alla delar och dess funktion på försökspersonen före genomförandet samt kontrollera att denne är helt införstådd med rutinerna under försöket.

Försökspersonen skall upplysas om att han/hon måste avbryta om han/hon känner smärta.

Försöksledaren skall dessutom:

- Kontrollera gassystem, tändning och brännare
- Kontrollera att vatten finns på plats för omedelbar räddningsinsats.
- Förvissa sig om att utbildad och fullt utrustad brandman finns på plats och är insatsberedd.
- Kontrollera att mätsystemet fungerar så som avsett.
- Kontrollera att temperatur och strålningsvärme ligger stadigt på specificerade nivåer.

### 4.1.3 Under försök

Försöksledaren ansvarar för säkerheten och måste observera både försökspersonen och mätvärdena på datorn, speciellt värdena från hudsensorerna. Han måste också ha direktkontakt med den fullt utrustade brandmannen utanför anläggningen.

Temperaturen som uppmäts via hudsensorerna får inte överstiga 46°C under genomförandet eller efter att deltagaren har lämnat rummet.

Övningsledaren kan alltid avbryta försöket eller ge order om en snabb räddningsinsats.

## 4.2 Genomförande

Försöksperioden är 5 + 5 minuter dvs 5min. i försöksrummet och 5 min. utanför, innan avklädning sker.

Försöksledaren ger order till försökspersonen att gå in samt kontrollerar att dataoperatören har registrerat starttiden.

Försökspersonen följer schemat i BILAGA A genom att observera signallamporna som dels indikerar att han befinner sig i rätt höjd (person 175 cm) dels att han/hon har rätt position. Instruktioner kan också ges av försöksledaren genom inspektionsfönstret eller via radio.

Mätningar genomföres enligt följande:

- Var femte sekund registreras lufttemperaturen vid minst tre olika nivåer i övningsrummet.
- Var femte sekund registreras temperaturen från sensorerna på försöksperson.
- Var femte sekund registreras strålningsvärmens från 120 centimeters nivå i mitten av övningsrummet.
- Alla mätvärden registreras intermitent i datorn.
- Värdena visas i tabellform och grafiskt.

Försökspersonen måste stanna i startrummet omedelbart efter, varvid mätningarna på försökspersonen fortsätter under 5 min.

**Observera! Försökspersonen får stanna endast under förutsättning att hudtemperaturen inte når 46° C.**

## 5. Försöksrapport

Försöksrapporten bör innehålla följande information:

- Försöksanläggningens namn och adress
- Datum och rapportens identifikationsnummer
- Försöksdeltagarens namn och adress
- Försökets syfte
- Mätmetod
- Beteckningar för produkterna enligt kriterier som fastställts i officiella normer och bestämmelser
- Namn på produkttillverkare eller -leverantör
- Namn eller annan identifieringsmärkning samt en beskrivning av produkten
- Vikt per kvadratmeter och tjocklek för över- och underklädsel
- Det datum utrustningen testades för att uppfylla kraven (se Normgivande referenser)
- Leveransdatum för produkt/produkter
- Beskrivning av utrustningsdetaljer och monterings teknik
- Förbehandling av utrustningsdetaljer
- Datum för försöket
- Tabeller över alla mätvärden från de olika nivåerna i försöksrummet och på övningsdeltagaren samt från flödesmätaren som registrerats var femte sekund under försöksperioden på fem minuter
- Tabeller över alla mätvärden från försöksdeltagaren som registrerades var femte sekund under den fem minuter långa perioden i startrummet
- Kommentarer från försökspersonen

## 6. Referenser

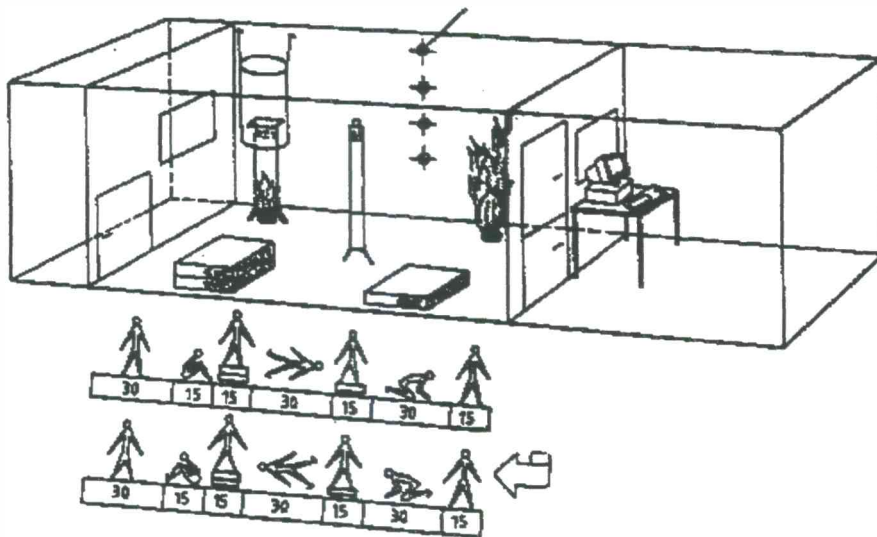
/1/ Horschke B.N. "Specification for Firefighters Clothing" Fire Safety journal 2 (1981) page 125-137 Horschke B.N. "Specification for Firefighters Clothing" Fire Safety Journal 2 (1981), sid 125-137.

/2/ Project Fires, The Final Report (1985) Project Fires, The Final Report (1985).

/3/ Swedish Rescue Services Agency Project Rescue Suit-90.

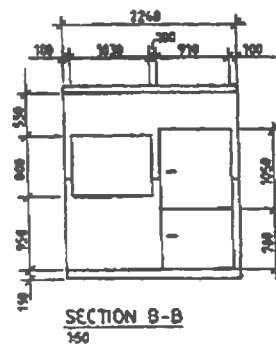
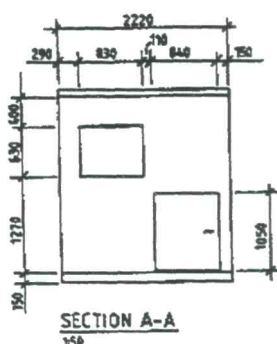
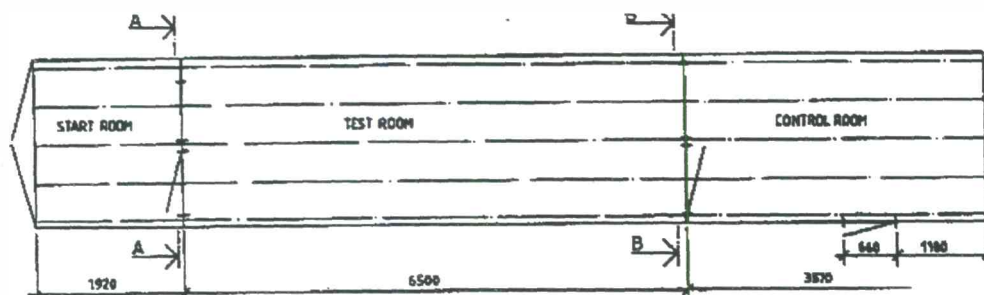
### Bilaga A

### Testcabin Annex A



### Bilaga B

### Test facility Annex B



12

## Material för försöksrummet

1. Tvärstänger R 45 galvaniserad profilplåt 4,5 mm i tak och på väggar.
2. Varmgalvaniserad plåt 2 500 x 1 250 x 1 mm på väggarna upp till 120 cm ovanför golvet
3. Plåt i rostfritt stål 2 500 x 1 250 x 1 mm i taket och på väggar ned till 120 cm ovanför golvet.
4. Isolering av mineralull 1000°C 35 mm.
5. Härdad glas 6 x 2 mm till inspektionsfönstret
6. Nitar, rostfria
7. Startrummet och kontrollrummet är isolerade med mineralull 45 mm och gips-skivor 13 mm.

## Energikälla

Energikälla är två propangasbrännare som förbrukar relativt stora volymer gas (ca 200 kW). Observera därför följande:

**Utrustning, som slangar, kopplingar mm, skall vara godkända för propan. Installation skall utföras enligt gällande bestämmelser och normer.**

Av säkerhetsskäl skall brännaren utrustas med en fjärrtändningsmekanism, t ex. en pilotlåga eller glödtråd. Det skall finnas ett system för bortledning av gas och ventil för automatisk avstängning av gasförsörjningen ifall tändlågan slocknar

Gasförsörjningen sker centralt genom brännarens undersida. Brännarens ovansida skall bestå av obrännbart material. Konstruktionen skall vara sådan att ett jämnt gasflöde sker över hela öppningen

## Bilaga C2

### Beskrivning av ugn och brännare

Brännare och ugn kommer upp genom golvet.

Ugnen placeras 330 mm från den långa väggen och 600 mm från den korta väggen utanför fönstret till startrummet. Den inre cylindriska plåten har tre 130 mm höga "ben" och diametern är 200 mm. Totalhöjden är 1020 mm och ovanför den öppna ugnen sitter en 100 mm "plåthatt"

Den andra cylindriska plåten hänger på tre "armar" (200 mm) som sitter fast i taket. Den har en diameter på 450 mm och är 1 000 mm hög. Brännaren står 100 mm från långsidan och 1 150 mm från kortsidan under kontrollrummets inspektionsfönster.

## Beskrivning av mätdatorsystemet

### Datorn

Mätdatorn är en stationär standard-PC extrautrustad med 2 st mätkort och 1 st styrkort enligt specifikation nedan. Mjukvaran som körs installeras från 1 st HD 1.44 Mb diskett.

Systemet är uppbyggt i MS Access 2.0 miljö med makrospråket, Visual Basic, MS-graph, och SQL-frågespråket som ingår i Access. Enda undantaget är själva inläsningsrutinen där programmeringen är gjord i TurboPascal och Assembler för att snabba upp inläsningen.

Alla kontakter mot mätkort, styrkort och mätsensorer är D-sub standardkontakter, 25 eller 9 poliga.

#### Systemkrav:

Processor:	486, 50 Mhz
Internminne:	minst 8 MB
Hårddiskutrymme:	ca 5 MB; ökar med antalet inläsningar 15-45 kB /inläsning
Kortplatser:	Minst 3 st lediga EISA-kortplatser

### Mätkort

**Typ 1: Används för att mäta de höga temperaturerna med fasta mätceller inne i containern.**

PC-73A, ett 12-bitars a/d kort med 8 kanaler från Boston Technology, inköpt från Elfa (25-093-05).

Detta kort är speciellt avsett för mätningar med termoelement, genom inbyggd programmerbar förstärkare.

Ingångar:	8 st
Upplösning:	12 bitar
Mätområde:	$\pm 40.95$ mV samt ( $\pm 8.190$ mV; $\pm 20.475$ mV; $\pm 4.095$ V)
Inimpedans:	1 Mohm
Samplingshastighet:	30 Hz
Total systemmonogranhet:	3 bitar
Effektiv systemmonogranhet:	0.2°C > 100°C för typ K
Kortadress:	0200-03FC Hex
Ställbar förstärkning:	1;100;200;500 ggr
Anpassat för termoelement:	K;J;E;T;B;R;S;N

## Typ 2: Används till de rörliga sensorerna på testperson/testobjekt.

12 bitars A/D & D/A-kort med 1 digital utgång, från Decision Computer CO, inköpt hos Arngren Electronic.

In/Utgångar:	16 st (in eller utgång var för sig)
Upplösning:	12 bitar
Mätområde:	0-9 el. $\pm 9$ V
Inimpedans:	>10 Mohm
Samplingshastighet:	16.6 kHz (1 Kanal)
Effektiv systemonogranhet:	0.2 %
Kortadress:	0278-027F el. 02F8-02FF Hex

## Sensorer:

### Högtemperatur: (Fasta mätceller i försöksanläggningen/containern)

#### Termoelement:

En typ av sensor som bygger på tekniken att när två olika metaller svetsas samman i en punkt uppstår en spänning i denna punkt som är beroende av temperaturen. Vilka metaller som används bestämmer hur spänning/temperaturkurvan ska se ut och ger namn åt sensorn.

I detta fall har Termoelement typ K använts. (Inköpt hos elfa)

Mätområde:	-200°C-+1500°C
Utspänning:	ca 40 $\mu$ V / °C (ej linjär; värden tas ur datatabell vid mätning)
Onogranhet:	$\pm 0.5\%$ $\pm 1^\circ\text{C}$ max 2.5°C
Legering:	+ = Nickel/Krom - = Nickel/Aluminium
Svarstider:	ca 0.1 s i vatten och 1 sek i luft för svetsade trådar

### Lågtemperatur:

#### Typ 1: (På testobjekt / testperson)

Halvledargivare; en givare som med halvledarteknik omvandlar temperaturen till en linjär spänning.

I detta fall används LM35 DZ från Elfa används. Då svarstiderna är för höga har denna sensor numera bytits ut mot typ 2.

Mätområde:	-55 - + 150 °C
Nogranhet:	$\pm 1.0\%$ eller garanterat 0.5°C vid 25°C
Utspänning:	10mV/°C linjärt
Kapsel:	TO-92
Drivspänning:	4-30 V dc
Strömförbrukning	<60 $\mu$ A
Utgångsimpedans:	0.1 ohm vid 1 mA last
Självuppvärmning:	<0.1 °C i stilla luft
Svarstid:	ca 5 sek i oljebad; 40 sek i stilla luft.



## Typ 2: (På testobjekt / testperson)

NTC-motstånd; Ett olinjärt motstånd vars resistans är starkt beroende av motståndskroppens temperatur. NTC (Negative Temperature Coefficient) har en negativ temperaturkoefficient dvs resistensen minskar med ökande temperatur. En spänningsdelare byggs upp med ett NTC-motstånd och ett vanligt motstånd som referens. Temperaturen hämtas från datatabell beroende på resistensen.

Typ:	Rhopoint UUT 45J1 (ACW-006) från Fenwall Electronics inköpt hos Elfa.
Mätområde:	-80 - + 150 °C
Nogrannhet:	±0.2 °C (inom 0-70 °C)
Resistans:	50 kohm vid 25 °C (ej linjär)
Kapsel:	Epoxy isolerad
Självpuppvärmning:	1 mW (höjer temperaturen i motståndet 1°C i stilla luft)
Svarstid:	ca 10 sek i stilla luft.

## Värmestrålningsmätare:

Den mätteknik som här valts bygger på mätning av temperaurskillnaden på över och undersidan av ett tunnt metallskikt som har konstant vattenkylning 20 °C. Inköpt av Medtherm Corporation Huntsville Alabama.

Teknikens namn:	Schmidt-Boelter
SensorTyp:	Heat flux Transduktor model 64-2-18
Mätområde:	0-20 (kW/m <sup>2</sup> )/s
Utspänning:	ca: 2.5 mV/(kW/m <sup>2</sup> )/s linjärt

## Styrkort

För att styra indikationslamporna inne i containern så att testpersonen kan följa sitt rörelseschema har även ett styrkort kopplats till datorn. Detta är ett 48 kanalers I/O kort från Decision Computer CO, inköpt hos Arngren Electronic. För att få tillräcklig effekt till lamporna har sedan ett universaldrivsteg kopplats mellan datorn och lamporna för att förstärka signalen.

Data på styrkort:	
In/Ut kanaler:	48 st (uppdelat på 6 st 8 bitars segment)
Räknare:	3 st 16-bitars räknare.
Spänningsnivåer:	TTL (standard)

Beskrivning brandbekämpningsmiljö

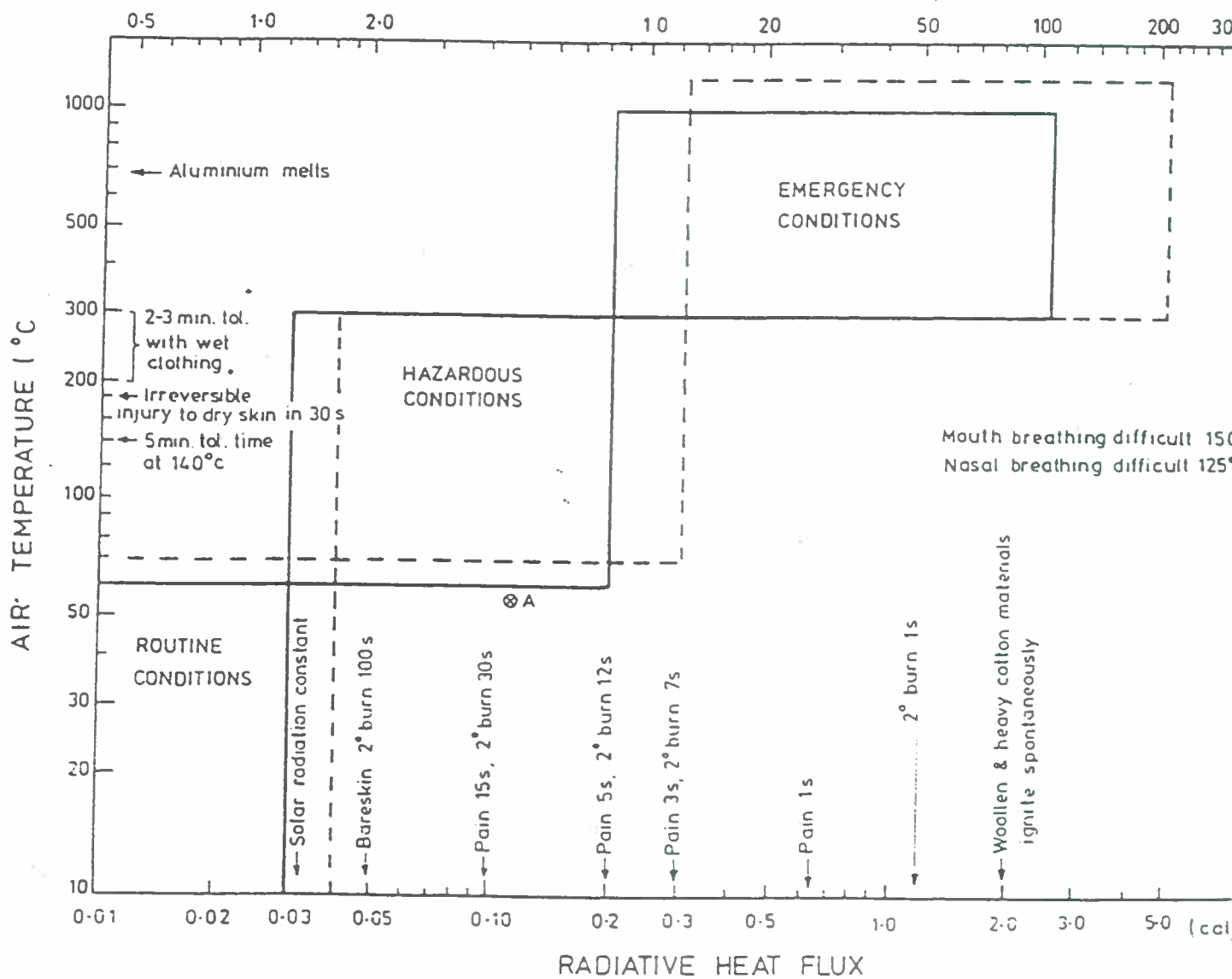


Fig. 1. Firefighters' exposure conditions.

## Bilaga E2

### NASA- tabellen

Klass	Lufttemperatur (°C)	Värmestrålning (k/Wm <sup>2</sup> sec)	Exponeringstid
1	40	0,50	30 min
2	95	1,00	15 min
3	250	1,75	5 min
4	815	42,00	10 sec





1 dm 7576

329

M101



Räddningsverkets bibliotek  
Karlstad



26152003205

Räddningsverket, 651 80 Karlstad.

000, telefax 054-10 28 89. Internet <http://www.raedningsverket.se>

Beställningsnummer P21-203/97. Telefon 054-10 42 86, telefax 054-10 42 87

ISBN 91-88891-03-8



*lib 7570*  
**RÄDDNINGSS  
VERKET**

*P3*

*Räddnings-  
verkets*