

bre global

**Tests der auf Aerosoltechnologie
beruhenden Systeme zum Löschen
von Feuer in Gefängnissen von
Flame Guard b.v.**

Erstellt für: Flame Guard b.v.
4. August 2008
Kundenbericht Nr. 246190

Schutz von Personen, Sachwerten und des Planeten

1 Tests der auf Aerosoltechnologie beruhenden Systeme zum Unterdrücken von Feuer in Gefängnissen von Flame Guard b.v.

Erstellt für BRE Fire and Security durch

Name Kelvin Annable
Position Leitender Berater
Unterschrift

Genehmigt für BRE Fire and Security durch

Name Steve Manchester
Position Leiter des Geschäftsbereichs Feuersicherheit
Datum 4. August 2008
Unterschrift

BRE Fire and Security
BRE Global
Bucknalls Lane
Watford
Herts
WD25 9XX
T + 44 (0) 1923 664100
F + 44 (0) 1923 664994
[E enquiries@breglobal.com](mailto:E_enquiries@breglobal.com)
www.breglobal.com

Dieser Bericht wird von BRE Fire and Security erstellt. Der Kunde bzw. alle ihm unterstehenden Personen akzeptieren durch den Erhalt und die Befolgung dieses Berichts, dass niemand persönlich für einen Verstoß gegen den Vertrag bzw. gegen gesetzliche Pflichten (einschließlich Fahrlässigkeit) verantwortlich ist.

BRE Fire and Security Kundenbericht Nr. 246190
Vertrauliche geschäftliche Mitteilung

© BRE Global Ltd 2008

Zusammenfassung

Flame Guard b.v. wünschte eine Überprüfung der Effektivität ihrer auf Aerosolen beruhenden Systeme zur Unterdrückung von Bränden in Gefängniszellen. Im Rahmen dessen stellte Flame Guard BRE für die Durchführung der Tests Vorrichtungen zur Verfügung, in denen das Trockensprinkler-Pulveraerosol Typ 5 (DSPA 5) enthalten war. Die Substanz ist in Form eines Feststoffs in einer metallischen Einheit enthalten und tritt nach der Aktivierung eigenständig in Form von Aerosolen aus der Einheit aus. Die Verbrennung des im Generatorkörper enthaltenen Feststoffs bewirkt die Bildung von Aerosolen, die in der Lage sind, das Feuer zu unterdrücken.

BRE hat bereits früher ein umfassendes Programm experimenteller Erforschungen durchgeführt und dabei vor allem die Effektivität von auf Wasserdampf basierenden Unterdrückungssystemen zur Unterdrückung von Bränden in Gefängniszellen untersucht. Deshalb verfügt BRE über einen Versuchsaufbau mit den erforderlichen Instrumenten zur Messung der in einem Feuer herrschenden Temperatur- und Gasbedingungen. Im Rahmen früherer Aufträge hat BRE ein ‚Feuerszenario‘ für die Bewertung von Wasserdampf entwickelt. Dasselbe Feuerszenario (aber mit anderen ‚Vorbrenn‘-Zeiten) wurde in Verbindung mit Gefängnisausstattungen (d.h. Nachtkästchen, Matratzen, Bettdecken etc.) für die Tests mit der auf Aerosolen beruhenden Feuerunterdrückungstechnologie von Flame Guard verwendet.

Dabei wurden folgende Tests durchgeführt:

- Test 1 – das von BRE entwickelte ‚Standard‘-Feuerszenario mit Einsatz der Unterdrückungsvorrichtung zwei Minuten nach dem Anzünden.
- Test 2 – das von BRE entwickelte ‚Standard‘-Feuerszenario mit Einsatz der Unterdrückungsvorrichtung zwei Minuten nach der Entdeckung des Testfeuers (hierfür wurde ein Ionisationsmelder, so wie er in privaten Haushalten zum Einsatz kommt, verwendet, der mittig an der Decke des Testraums installiert war).

Die Substanzmenge in jeder Generatoreinheit beträgt laut Angabe von Flame Guard 3,3 kg. Dies entspricht nach der Entladung in dem 36 m² großen Testvolumen einer Konzentration von 91,7 g/m³. Die Entladungszeit der Aerosolvorrichtung beträgt laut Flame Guard 20 bis 28 Sekunden.

Insgesamt zeigte das Flame Guard-Aerosolsystem eine effektive Feuerunterdrückung und gewährleistete für beide getesteten Feuerszenarien 20 Minuten lang ertragbare Bedingungen.

3 Tests der auf Aerosoltechnologie beruhenden Systeme zum Unterdrücken von Feuer in Gefängnissen von Flame Guard b.v.

Inhalt

1 Einführung	4
1.1 Hintergrund	4
2 Beschreibung des Projekts	5
2.1 Testraum (Zelle)	5
2.1.1 Instrumente	6
2.1.2 Entdeckungssystem	7
2.2 Feuerszenario	7
2.2.1 Testszenario für nicht unterdrücktes Feuer	9
2.3 Testverfahren	11
2.4 DSPA 5 Unterdrückungsvorrichtung	11
3 Ergebnisse	13
3.1 Test 1 – Flame Guard Aerosolunterdrückung 2 Minuten nach dem Anzünden	13
3.2 Test 2 – Flame Guard Aerosolunterdrückung 2 Minuten nach der Detektion	17
4 Berechnungen der Fraktionalen Effektiven Dosis (FED)	22
4.1 Methode für die Analyse der toxischen Gefahr (FED)	22
4.1.1 Endpunkte für Feuergefahr und Aushaltbarkeit für die Inhaftierten und das Personal	22
4.1.2 Vorhersage der Zeit bis zur Ohnmacht und zum Tod durch Erstickungsgase	22
4.1.3 Auswirkungen der Intensität der körperlichen Aktivitäten auf den Verlauf der Erstickung	23
4.1.4 Vorhersage der Zeit, bis es durch die Hitzekonvektion zu Schmerzen auf der Haut oder zu erhöhter Temperatur kommt	23
4.2 FED Ergebnisse für die durchgeführten Tests	24
5 Schlussfolgerungen	26
6 Literaturnachweise	28

Anhang A – DSPA 5, Flame Guard Produktliteratur

1 Einführung

Flame Guard b.v. (Hulzenseweg 10-20, 6534 AN Nijmegen, Niederlande) wünschte eine Erforschung der Effektivität ihrer auf Aerosolen beruhenden Technologie zum Unterdrücken von Bränden in Gefängniszellen. Deshalb wurde BRE Fire and Security von Flame Guard (welche zum AFG Konzern gehört) mit der Durchführung von zwei Feuer tests mit Flame Guard Löscheinrichtungen, bei denen kondensierte Aerosole zum Einsatz kommen, beauftragt.

Flame Guard b.v. stellte BRE für die Durchführung dieser Tests ihre Vorrichtungen zur Verfügung, in denen das Trockensprinkler-Pulveraerosol Typ 5 (DSPA 5) enthalten war. Bei diesen Geräten ist die Substanz in Form eines Feststoffs in einer metallischen Einheit enthalten und tritt nach der Aktivierung eigenständig in Form eines Aerosols aus der Einheit aus. Die Verbrennung des im Generatorkörper enthaltenen Feststoffs bewirkt die Bildung von Aerosolen, die die Fähigkeit besitzen, ein Feuer zu unterdrücken.

In diesem Bericht sind die durchgeführten Arbeiten und die mit den beiden durchgeführten Tests erzielten Ergebnisse beschrieben.

1.1 Hintergrund

BRE hat bereits früher ein umfassendes Programm experimenteller Erforschungen durchgeführt und dabei vor allem die Effektivität von auf Wassernebel basierenden Unterdrückungssystemen für den Brandschutz von Gefängniszellen untersucht. Deshalb verfügt BRE über eine Testvorrichtung mit den erforderlichen Instrumenten zur Messung der in einem Feuer herrschenden Temperatur- und Gasbedingungen. Im Rahmen früherer Aufträge hat BRE ein ‚Feuerszenario‘ für die Bewertung von Wassernebel entwickelt. Dasselbe Feuerszenario wurde in Verbindung mit Gefängniseinrichtungen (d.h. Nachtkästchen, Matratzen, Bettdecken etc.) für Tests mit der auf Aerosolen beruhenden Feuerunterdrückungstechnologie von Flame Guard verwendet.

Das britische Justizministerium kam zu der Überzeugung, dass es erforderlich war, neben den Feuersicherheitsstrategien, die derzeit für die Unterdrückung von Bränden in Gefängniszellen zum Einsatz kommen, noch weitere Strategien zu erforschen. Was die Inhaftierten in den Gefängniszellen von anderen Gebäudeinsassen unterscheidet, ist der Umstand, dass die Inhaftierten nicht selbst das Gebäude verlassen können, um vor der erzeugten Hitze bzw. dem erzeugten Rauch zu flüchten. Deshalb hat das Justizministerium im Sommer 2007 BRE Global damit beauftragt, bei der Entwicklung von Feuersicherheitsstrategien zum Schutz von Gefängniszellen mitzuwirken, insbesondere was die Brennstofffracht in den Zellen und die potentielle Effektivität von auf Wassernebel basierenden Unterdrückungssystemen bei der Bekämpfung von Gefängnisbränden anbelangt.

BRE Global absolvierte ein Arbeitsprogramm mit insgesamt 21 Feuer tests. Die Ergebnisse dieses Arbeitsprogramms sind im BRE Bericht Nr. 242536¹ im Einzelnen angegeben. Ferner wurde von BRE Global das begleitende Feuer testdokument Nr. 244357² mit dem Titel „Angabe der Leistungen von Unterdrückungssystemen“ erstellt. In diesem Dokument sind die Anforderungen an die Feuer tests für Unterdrückungssysteme für Justizvollzugsanstalten festgelegt und eine Reihe von Kriterien für Bestanden / Nicht Bestanden genannt. Die Kriterien beruhen überwiegend auf der FED-Methodik (Fraktionale Effektive Dosis), die für die Bewertung der Überlebensfähigkeit des Menschen in Feuerumgebungen verwendet wird.

2 Beschreibung des Projekts

Zwischen Flame Guard und BRE wurde eine Reihe von Feuer tests vereinbart.

Es wurden nachstehende Tests durchgeführt:

- Test 1 – das von BRE entwickelte ‚Standard‘-Feuerszenario mit Einsatz der Unterdrückungsvorrichtung zwei Minuten nach dem Anzünden.
- Test 2 – das von BRE entwickelte ‚Standard‘-Feuerszenario mit Einsatz der Unterdrückungsvorrichtung zwei Minuten nach der Entdeckung des Testfeuers (hierfür wurde ein Ionisationsmelder, so wie er in privaten Haushalten zum Einsatz kommt, verwendet, der mittig an der Decke des Testraums installiert war).

2.1 Testraum (Zelle)

Für die Tests wurde der für einen früheren Auftrag gebaute Testraum verwendet; seine Geometrie und seine Innenabmessungen wurden vom britischen Justizministerium vorgegeben. Der Prüfstand stellte eine von zwei Personen belegte Gefängniszelle mit einem Innenraummaß von 3 m auf 4 m und einer Höhe von 3 m dar; diese Größe entspricht einem Volumen von ca. 36 m³. Der Raum wurde aus Betonsteinen gemauert, die auf der Innenseite mit Gipskartonplatten verkleidet wurden; siehe Abbildung 1.

<Abbildung siehe Vorlage>

Abbildung 1 – Testraum

In dem Raum sind Holzbalken vorhanden und die Raumdecke besteht aus zwei Schichten Gipskartonplatten. Die in einer Ecke angebrachte ‚Dusch- und Toilettenzelle‘ ist mit Fachwerkwänden aus Gipskartonplatten ausgeführt, die mit zwei Duschvorhängen verbunden sind. Die Fachwerkwände sind auf eine Höhe von 2,85 m hoch gezogen, so dass sich zwischen der Wand und der Decke ein Freiraum von ca. 150 mm ergibt. Der Raum war mit Standardeinrichtungen für Gefängnisse ausgestattet, d.h. zwei Stockbetten (mit einem Gestell aus Metall), einem Stuhl und einem Tisch; siehe Abbildung 2. Ferner ist die Testzelle mit einer Standardgefängnistüre ausgestattet.

<Abbildung siehe Vorlage>

Abbildung 2 – Foto mit der Dusch- und Toilettenzelle, dem Bett, dem Stuhl und dem Tisch, die zur standardmäßigen Ausstattung von Gefängnissen gehören

In dem Versuchsaufbau wurde keine mechanische Belüftung vorgesehen, auch wenn sich in der Decke im Bereich der Dusch- und Toilettenzelle eine Öffnung für den Anschluss an ein Leitungssystem befand. Es wurden zusätzliche Öffnungen angebracht, die der effektiven Querschnittsfläche eines voll geöffneten Gefängnisfensters entsprechen. Sie haben eine Größe von ca. 0,04 m² (400 cm²) und wurden in Form von zwei Reihen von 5 Löchern mit einem Durchmesser von ca. 70 mm ausgeführt, die in gleichem Abstand senkrecht über 1 m verteilt angebracht sind, wobei sich die unteren Löcher in einem Abstand von 1,2 m über der Bodenkante befinden. Zudem war im Bereich um die Zellentüre herum eine weitere kleine Öffnung (Riss).

2.1.1 Instrumente

Der Testraum wurde entsprechend mit Instrumenten zur Messung der Temperatur- und Gasbedingungen ausgestattet. Die Konzentrationen von Sauerstoff, Kohlenmonoxid und Kohlendioxid im Raum wurden während der Tests kontinuierlich gemessen.

Dabei wurden die Gasmessungen an folgenden Stellen durchgeführt:

- Untere Ebene – 250 mm über der Bodenkante, 1600 mm von der Rückwand entfernt und 850 mm von der dem Bett gegenüber liegenden Wand entfernt.
- Mittlere Ebene – 1600 mm über der Bodenkante, 850 mm von der Türe entfernt, 350 mm von der langen Wand neben dem Bett entfernt.
- Obere Ebene – 2750 mm über der Bodenkante, 1600 mm von der Rückwand entfernt und 850 mm von der dem Bett gegenüber liegenden Wand entfernt.

Die Temperaturmessungen wurden an folgenden Stellen durchgeführt:

- An der Türe – Thermoelemente in Kontakt mit dem Boden und der Decke, im Abstand von 0,5 Metern über die ganze Höhe der Türe verteilt.
- Am Feuer – ein Thermoelement ganz nahe am Ort, an dem das Feuer angezündet wurde, und Thermoelemente im Abstand von 0,5 Metern bis hoch zur Decke verteilt.
- Zusätzliche Thermoelemente wurden auf der mittleren und der oberen Ebene auf der langen, dem Bett gegenüber liegenden Wand an den Stellen, an denen das Gas gemessen wird, und in zusätzlichen Leitungen installiert.

2.1.2 Entdeckungssystem

Zum Erkennen der Testfeuer wurde ein mittig an der Decke angebrachter Ionisationsmelder, so wie er in privaten Haushalten zum Einsatz kommt, verwendet. Dieser Melder ist nicht für die derzeitigen, in den Zellen installierten Entdeckungssysteme repräsentativ, da diese gegenüber böswilligen Manipulationen geschützt sein müssen. In der letzten Zeit werden zunehmend die Absaugsysteme für die Erfassung von Zellenfeuern verwendet, da aufgrund der Charakteristik der Gefängnisumgebung (schmutzig, staubig und den Inhaftierten ist das Rauchen gestattet) ohnehin eine gründliche Reinigung der Zellenluft erforderlich ist. Deshalb wird davon ausgegangen, dass das verwendete Entdeckungssystem eine für die Testzwecke geeignete Detektion ermöglichte.

2.2 Feuerszenario

BRE Global hatte für den früheren Auftrag ein Testfeuer entwickelt, das folgende Kriterien erfüllt:

- Es umfasste typische Zelleneinrichtungen sowie repräsentative ‚persönliche‘ Dinge und Lebensmittel, die sich möglicherweise in den Zellen befinden (also keine ‚eingebachten‘ Brandstiftungsmaterialien bzw. besonders brennbare Materialien).
- Das Szenario war (in angemessenem Umfang) wiederholbar und reproduzierbar.
- Es bot eine geeignete Umgebung für Feuerunterdrückungssysteme.
- Es war aber nicht so extrem, dass davon auszugehen war, das Szenario würde alle bzw. die meisten potentiellen Feuerunterdrückungssysteme in die Knie zwingen.
- Das Szenario basierte auf den Szenarien, die für frühere, ähnliche Aufträge verwendet worden waren.

Das entwickelte Feuerszenario bestand aus einem für Gefängnisse üblichen Nachtkästchen neben dem unteren Bett des Stockbetts in einem Winkel von 45° zur langen Wand des Raums. Die Türe des Nachtkästchen war geöffnet und befand sich oben auf dem Möbelstück. Auf diese Weise ergaben sich vier offene, durch Fachbretter getrennte Abteile. In die Abteile wurden – wie in Abbildung 3 dargestellt – nachstehende Artikel gegeben:

- 12 Crisp Packungen und 4 Schachteln mit Zerealien.
- Eine Jeanshose und ein Unterhemd.
- 2 Rollen Toilettenpapier und 2 Plastikflaschen.
- Eine Zeitung und eine Zeitschrift.
- 10 einzelne CD-Hüllen und eine Tastatur für einen Computer.
- Eine Bettdecke, ein Betttuch und ein Kopfkissenbezug in Gefängnisausführung.

Das Nachtkästchen wurde auf die Bettdecke samt Betttuch in gefängnisüblicher Ausführung gestellt. Die Bettdecke befand sich auf einer Matratze mit Matratzenschoner, ebenfalls in gefängnisüblicher Ausführung. Das obere Bett des Stockbetts war ähnlich ausgestattet, d.h. mit einer Bettdecke, einem Betttuch und einem Kopfkissenbezug in Gefängnisausführung. Der Aufstellungsort des Nachtkästchens befand sich neben dem Tisch und dem Stuhl in gefängnisüblicher Ausführung; siehe hierzu die Abbildung 4.

Diese Anordnung wurde für beide Tests verwendet.

8 Tests der auf Aerosoltechnologie beruhenden Systeme zum Unterdrücken von Feuer in Gefängnissen von Flame Guard b.v.

<Abbildung siehe Vorlage>

Abbildung 3 – Entwickeltes Feuerszenario

<Abbildung siehe Vorlage>

Legende:

Bunk beds	Stockbetten
Desk and chair	Tisch und Stuhl
Nozzle location A (sidewall mounted)	Anbringungsort der Düse A
Shower/toilet cubicle area	Dusch- und Toilettenzelle
Ceiling extract location	Ort des Abzugs an der Decke
Nozzle location B (above door) and mobile system application through inundation point	Anbringungsort der Düse B (oberhalb der Türe) und Einsatz des mobilen Systems durch den Überflutungspunkt

Abbildung 4 – Schematische Darstellung des Testraumlayouts

BRE Fire and Security Kundenbericht Nr. 246190
Vertrauliche geschäftliche Mitteilung

© BRE Global Ltd 2008

2.2.1 TestszENARIO für nicht unterdrücktes Feuer

Das Feuerszenario wurde im Rahmen des früheren Auftrags ohne Feuerunterdrückungssystem durchgespielt; es ist in diesem Kapitel im Einzelnen beschrieben.

Das Feuerszenario wurde auf die Geschwindigkeit, mit der es sich ausbreitet, und auf seine Wiederholbarkeit geprüft (die Tests wurden außerhalb des Testraums durchgeführt); dabei wurden zufrieden stellende Ergebnisse erzielt.

Das Szenario wurde auch, wobei kein Feuerunterdrückungssystem installiert war, im Testraum bewertet; dabei wurden die in den Abbildungen 5 bis 7 dargestellten Messungen durchgeführt.

Die mittig angeordneten Crisp Packungen wurden mit einem Feuerzeug angezündet; daraufhin verließen die Testmitarbeiter unverzüglich den Testraum und schlossen die Zellentüre. Das Feuer konnte sich ab dem Anzünden 10 Minuten lang ungehindert im geschlossenen Raum entwickeln; daraufhin wurde die Zellentüre geöffnet. Die Temperaturmessungen an der Türe ergeben für diesen Test eine stetige Zunahme der Temperatur während eines Zeitraums von ca. 5 Minuten, woraufhin die Temperaturen ca. 2 Minuten lang stagnieren. Anschließend kommt es während 2 weiteren Minuten zu einem starken Anstieg der Raumtemperatur, bevor die Raum- und Sauerstoffbedingungen zu einer Verringerung des Feuers führen, was mit einem Rückgang der Raumtemperaturen einher geht. Als nach den 10 Minuten dann die Raumtüre geöffnet wurde, nahm das Feuer – bedingt durch die durch das Öffnen verfügbar gewordene Sauerstoffmenge – erneut an Intensität zu. Der Test wurde bei ca. 11 Minuten 30 Sekunden (ab dem Anzünden) mit Hilfe eines Wasserstrahls, der über die Türöffnung mit einem Schlauch eingespritzt wurde, manuell beendet.

<Abbildung siehe Vorlage>

Legende:

Temperature	Temperatur
Time (minutes from ignition)	Zeit (Minuten ab dem Anzünden)
Test manually terminated	Test manuell beendet
Near ignition point	In der Nähe des Anzündpunkts
On top of cupboard	Oben auf dem Schrank
In contact with ceiling	In Kontakt mit der Decke

<Abbildung siehe Vorlage>

Abbildung 5 – Test 0 – Entwicklung des Szenarios; Temperaturen oberhalb des Feuerorts

10 Tests der auf Aerosoltechnologie beruhenden Systeme zum Unterdrücken von Feuer in Gefängnissen von Flame Guard b.v.

<Abbildung siehe Vorlage>

Legende:

Temperature	Temperatur
Time (minutes from ignition)	Zeit (Minuten ab dem Anzünden)
Test manually terminated	Test manuell beendet
In contact with floor	In Kontakt mit dem Fußboden
In contact with ceiling	In Kontakt mit der Decke

Abbildung 6 – Test 0 – Entwicklung des Szenarios; Temperaturen in der Nähe der Zellentüre

<Abbildung siehe Vorlage>

Legende:

Oxygen concentration (%)	Sauerstoffkonzentration (%)
Time (minutes from ignition)	Zeit (Minuten ab dem Anzünden)
Low level	Untere Ebene
Mid level (near door)	Mittlere Ebene (in der Nähe der Türe)
High level	Obere Ebene

Abbildung 7 – Test 0 – Entwicklung des Szenarios; die Sauerstoffkonzentrationen im Raum

11 Tests der auf Aerosoltechnologie beruhenden Systeme zum Unterdrücken von Feuer in Gefängnissen von Flame Guard b.v.

Die Berechnungen der Fraktionalen Effektiven Dosis (siehe Kapitel 4) haben gezeigt, dass die Bedingungen im Raum nach ca. 10 Minuten ab dem Anzünden auf der mittleren Ebene lebensbedrohend wurden. Das entwickelte Testfeuerszenario wurde für beide Flame Guard Tests verwendet.

2.3 Testverfahren

Das Testfeuer wurde angezündet; daraufhin wurde die Zellentüre geschlossen. Beim Test 1 wurde die Türe nach 2 Minuten geöffnet und der DSPA Generator wurde in den Raum geworfen. Anschließend wurde die Türe schnell wieder geschlossen und blieb 5 Minuten lang geschlossen. Danach wurde die Türe geöffnet und blieb während des restlichen Tests geöffnet. Beim Test 2 wurde auf dieselbe Weise verfahren; der Generator wurde jedoch zwei Minuten nach der Entdeckung des Feuers aktiviert. Die Aushaltbarkeitsbedingungen wurden während eines Zeitraums von 20 Minuten überwacht.

Die allgemeinen Testverfahren sind in der Tabelle 1 dargestellt.

Zeit	Aktion
Vor dem Test	Start der Instrumenten- und Videoaufzeichnung.
0 min 0 sec	Anzünden der Brennstofffracht mit Hilfe eines handelsüblichen Feuerzeugs.
x min y sec	Detektion des Testfeuers.
xx min yy sec	Einsatz des Generators (hierfür wurde die Türe schnell geöffnet und wieder geschlossen).
xx min yy sec plus 5 min	Türe geöffnet.
20 min 0 sec	Endpunkt der Überwachung der Aushaltbarkeitsbedingungen.
Nach dem Test	Manuelles Löschen des Testfeuers (wenn erforderlich); Stopp der Instrumenten- und Videoaufzeichnung.

Tabelle 1 – Testverfahren

Jeder Test wurde sowohl auf Video als auch mit Fotos aufgezeichnet.

2.4 DSPA 5 Unterdrückungsvorrichtung

Die DSPA 5 Unterdrückungsvorrichtung ist in der nachfolgenden Abbildung 8 dargestellt.

12 Tests der auf Aerosoltechnologie beruhenden Systeme zum Unterdrücken von Feuer in Gefängnissen von Flame Guard b.v.

<Abbildung siehe Vorlage>

Abbildung 8 – DSPA 5 Generator

Die Substanz, welche die Aerosole bildet, ist in einem Metallgehäuse untergebracht. Auf der einen Seite des Metallgehäuses befindet sich eine Buchse mit Gewinde, an der die Startvorrichtung befestigt wird. Ferner ist das Gehäuse mit einem Griff versehen. Die Aerosole, die die Aufgabe haben, das Feuer zu unterdrücken, treten über einen Schlitz auf der Seite des Metallgehäuses aus. Die DSPA 5 Generatoren werden durch Ziehen an der Schnur (weg von der Vorrichtung) aktiviert. Es ist eine zeitliche Verzögerung von ca. 8 Sekunden vorgesehen, bevor das Hauptgemisch aktiviert wird. Während dieser Zeit kann die Vorrichtung in einen Raum, in dem ein Feuer entdeckt wurde, geworfen werden. Nachdem das Hauptgemisch der Startvorrichtung aktiviert wurde, wird die Substanz, welche die Aerosole bildet, gezündet. Der Generator funktioniert in der Form, dass das gesamte zu schützende Volumen mit Aerosolen geflutet wird, die dann einen kompletten Feuerschutz für das Volumen gewährleisten (ähnlich wie fest installierte gasbasierende Systeme).

BRE Fire and Security Kundenbericht Nr. 246190
Vertrauliche geschäftliche Mitteilung

© BRE Global Ltd 2008

3 Ergebnisse

3.1 Test 1 – Flame Guard Aerosolunterdrückung 2 Minuten nach dem Zünden

Ein einziger Flame Guard DSPA 5 Aerosolunterdrückungsgenerator wurde 2 Minuten nach dem Anzünden in die Testzelle geworfen. In der nachfolgenden Abbildung 9 sind die während des Tests gemachten Fotos dargestellt.

Abbildung 9 – Die Fotos des Testraums, des Feuerszenarios und der Aerosolentladung kurz nach der Aktivierung

Die Details des Tests sind in der Tabelle 2 angegeben. Die Menge der Substanz in einem jeden Generator beträgt 3,3 kg. Dies entspricht nach der Entladung in dem 36 m² großen Testvolumen einer Konzentration von 91,7 g/m³. Die Entladungszeit der Aerosolvorrichtung beträgt laut den von Flame Guard für den DSPA 5 vorgelegten Informationen 20 bis 28 Sekunden (siehe Anhang A).

Generator	Gewicht des Generators (kg)	Detektion (ab dem Anzünden) (Min / Sek)	Einsatz des Systems (Min / Sek)	Maximale Temperatur in der Nähe der Türe	
				Vor dem Einsatz (°C)	Nach dem Einsatz (°C)
DSPA 5	4,70	0min 52s	2min 0s	26	90

Tabelle 2 – Detaillierte Erläuterung des Tests 1

Die Temperaturen am Ort der Feuerfahne sind in der Abbildung 10 dargestellt. Nach 2 Minuten (als der Generator eingesetzt wurde) war das Testfeuer nach wie vor klein und hatte sich nicht über das untere Fach, in dem sich die Crisp Packungen und die Schachteln mit den Zerealien befanden, ausgedehnt. Die Temperaturen am Feuerort nahmen anfangs nach dem Einsatz zu, sanken aber innerhalb einer Minute wieder schnell ab. Die Temperaturen erhöhten sich nicht, als die Türe 5 Minuten nach dem Einsatz des Systems geöffnet wurde, und das Feuer war tatsächlich unterdrückt (das Testpersonal stellte noch einen kleinen schwelenden Herd fest, was zeigte, dass das Feuer nicht vollständig gelöscht war). An dem Nachtkästchen war nur ein sehr begrenzter Feuerschaden festzustellen und die Integrität der rückseitigen Hartfaserplatte war nicht beeinträchtigt.

14 Tests der auf Aerosoltechnologie beruhenden Systeme zum Unterdrücken von Feuer in Gefängnissen von Flame Guard b.v.

Das Aerosolsystem bewies in dem getesteten Szenario, dass es in der Lage war, das Feuer effektiv zu unterdrücken.

<Abbildung siehe Vorlage>

Legende:

Temperature	Temperatur
Time (minutes from ignition)	Zeit (Minuten ab dem Anzünden)
System operation	Einsatz des Systems
Near ignition point	In der Nähe des Anzündpunkts
On top of cupboard	Oben auf dem Schrank
In contact with ceiling	In Kontakt mit der Decke

Abbildung 10 – Temperaturen oberhalb des Feuers beim Test 1

Die Temperaturen in der Nähe der Türe sind in der Abbildung 11 dargestellt. Die Temperaturen in der Nähe der Türe haben nach dem Einsatz des Generators stark zugenommen und dabei Spitzen von bis zu 90 °C erreicht. Nach ca. einer Minute sanken sie jedoch wieder ab und lagen nach weiteren 5 Minuten etwa bei Umgebungstemperatur.

<Abbildung siehe Vorlage>

Legende:

Temperature	Temperatur
Time (minutes from ignition)	Zeit (Minuten ab dem Anzünden)
System operation	Einsatz des Systems
In contact with floor	In Kontakt mit dem Fußboden
In contact with ceiling	In Kontakt mit der Decke

Abbildung 11 – Temperaturen in der Nähe der Türe beim Test 1

15 Tests der auf Aerosoltechnologie beruhenden Systeme zum Unterdrücken von Feuer in Gefängnissen von Flame Guard b.v.

Die während des Tests gemessenen Sauerstoffkonzentrationen sind in der Abbildung 12 dargestellt. Die Sauerstoffkonzentration wurde durch das Feuer oder durch den Einsatz des auf Aerosol beruhenden Feuerunterdrückungssystems nicht nennenswert reduziert.

<Abbildung siehe Vorlage>

Legende:

Oxygen concentration (%)	Sauerstoffkonzentration (%)
Time (minutes from ignition)	Zeit (Minuten ab dem Anzünden)
Low level	Untere Ebene
Mid level (near door)	Mittlere Ebene (in der Nähe der Türe)
High level	Obere Ebene

Abbildung 12 – Die O2 Konzentrationen beim Test 1

Die während des Tests gemessenen Konzentrationen von Kohlendioxid sind in der Abbildung 13 dargestellt. Die maximale Konzentration des (auf der oberen Ebene) gemessenen Kohlendioxids lag knapp über 1,2 %.

<Abbildung siehe Vorlage>

Legende:

CO2 concentration (%)	CO2 Konzentration (%)
Time (minutes from ignition)	Zeit (Minuten ab dem Anzünden)
Mid	Mittlere Ebene
High	Obere Ebene

Abbildung 13 – Die CO2 Konzentrationen beim Test 1

16 Tests der auf Aerosoltechnologie beruhenden Systeme zum Unterdrücken von Feuer in Gefängnissen von Flame Guard b.v.

Die während des Tests gemessenen CO Konzentrationen sind in der Abbildung 14 dargestellt. Die maximale gemessene CO Konzentration (auf der oberen Ebene) lag bei knapp über 3000 ppm.

<Abbildung siehe Vorlage>

Legende:

CO concentration (ppm)	CO Konzentration (ppm)
Time (minutes from ignition)	Zeit (Minuten ab dem Anzünden)
Low	Untere Ebene
Mid	Mittlere Ebene
High	Obere Ebene

Abbildung 14 – Die CO Konzentrationen beim Test 1

Die Werte sowohl des Kohlendioxids als auch des Kohlenmonoxids waren vor dem Einsatz des Systems gering. Deshalb hat der Prozess der Verbrennung der Aerosol bildenden Substanz in wesentlichem Umfang zu den Toxizitätsbedingungen in der Zelle beigetragen. Dem muss jedoch die effektive Unterdrückung des Feuers durch das Aerosolsystem und die damit verbundene Reduzierung der Toxizität des Feuers selbst gegenüber gestellt werden.

17 Tests der auf Aerosoltechnologie beruhenden Systeme zum Unterdrücken von Feuer in Gefängnissen von Flame Guard b.v.

3.2 Test 2 – Flame Guard Aerosolunterdrückung 2 Minuten nach der Entdeckung

Ein einziger Flame Guard DSPA 5 Aerosolunterdrückungsgenerator (derselbe wie beim Test 1) wurde 2 Minuten nach der Entdeckung des Rauchs des Testfeuers in die Testzelle geworfen. In der nachstehenden Abbildung 15 sind die während des Tests gemachten Fotos dargestellt.

Abbildung 15 – Die Fotos mit dem Feuerszenario und dem Testraum kurz nach dem Öffnen der Türe (5 Minuten nach dem Einsatz des Generators)

Details des Testergebnisses sind in der Tabelle 2 dargestellt. Wie auch beim Test 1 entsprach die verwendete Substanzmenge nach der Entladung in das 36 m³ große Testvolumen einer Konzentration von 91,7 g/m³.

Generator	Gewicht des Generators (kg)	Detektion (ab dem Anzünden) (Min / Sek)	Einsatz des Systems (Min / Sek)	Maximale Temperatur in der Nähe der Türe	
				Vor dem Einsatz (°C)	Nach dem Einsatz (°C)
DSPA 5	4,84	1min 25s	3min 25s	55	107

Tabelle 3 – Detaillierte Erläuterung des Tests 2

Die Temperaturen am Ort der Feuerfahne sind in der Abbildung 16 dargestellt. Nach 3 Minuten und 25 Sekunden (als der Generator eingesetzt wurde) war das Testfeuer größer als beim Test 1 und hatte sich über das untere Fach zu den oberen Fächern hin ausgedehnt. Die Temperaturen am Feuerort nahmen nach dem Einsatz des Generators schnell ab. Die Temperaturen erhöhten sich nicht, als die Türe 5 Minuten später geöffnet wurde, und das Feuer war effektiv unterdrückt. An dem Nachtkästchen war nur ein sehr begrenzter Feuerschaden festzustellen und es ist wahrscheinlich, dass die Integrität der rückseitigen Hartfaserplatte am Ende des Tests nicht beeinträchtigt war. Das Testpersonal stellte jedoch nach dem Test noch einen kleinen schwelenden Herd fest (das Feuer war nicht vollständig gelöscht), der sich anschließend zu einer Verbrennung mit offener Flamme entwickelte, wodurch die Integrität der aus einer Hartfaserplatte bestehenden Rückwand des Nachtkästchens am oberen rechten Fach (in dem sich die Zeitung, die Zeitschrift, die Tastatur und mehrere Rollen Toilettenpapier befanden) beeinträchtigt wurde. Hierdurch wurde das Potential für eine erneute Entzündung klar. Im Endeffekt zeigte das auf Aerosolen beruhende System, dass es in der Lage war, in dem getesteten Szenario effektiv das Feuer zu unterdrücken.

18 Tests der auf Aerosoltechnologie beruhenden Systeme zum Unterdrücken von Feuer in Gefängnissen von Flame Guard b.v.

<Abbildung siehe Vorlage>

Legende:

Temperature	Temperatur
Time (minutes from ignition)	Zeit (Minuten ab dem Anzünden)
System operation	Einsatz des Systems
Near ignition point	In der Nähe des Anzündpunkts
On top of cupboard	Oben auf dem Schrank
In contact with ceiling	In Kontakt mit der Decke

Abbildung 16 – Die Temperaturen oberhalb des Feuers beim Test 2

Die Temperaturen in der Nähe der Türe (siehe Abbildung 17) nahmen nach dem Einsatz des Generators deutlich zu und erreichten dabei einen Spitzenwert von 106 °C. Kurz danach begannen sie jedoch wieder zu sinken und lagen 5 Minuten später bei den Umgebungswerten.

<Abbildung siehe Vorlage>

Legende:

Temperature	Temperatur
Time (minutes from ignition)	Zeit (Minuten ab dem Anzünden)
System operation	Einsatz des Systems
In contact with floor	In Kontakt mit dem Fußboden
In contact with ceiling	In Kontakt mit der Decke

Abbildung 17 – Die Temperaturen in der Nähe der Türe beim Test 2

19 Tests der auf Aerosoltechnologie beruhenden Systeme zum Unterdrücken von Feuer in Gefängnissen von Flame Guard b.v.

Die während des Tests gemessenen O₂ Konzentrationen sind in der Abbildung 18 dargestellt. Die Sauerstoffwerte im Raum lagen trotz des Einsatzes der Aerosolvorrichtung und des durch das Feuer verzehrten Sauerstoffs über 19 %.

Bei diesem Test wurde ein erheblich reduzierter Gasfluss durch die Pumpe, welche auf der mittleren Ebene Raumgase ausbrachte, beobachtet. Dieser Einfluss ist an den Konzentrationen von Sauerstoff, Kohlendioxid und Kohlenmonoxid auf der mittleren Ebene (rote Linie) in der Abbildung 18, der Abbildung 19 bzw. der Abbildung 20 zu erkennen. Die maximalen (wirklichen) Konzentrationen haben sich wahrscheinlich in dem Raum zu einer Zeit ergeben, die den an der unteren und der oberen Ebene festgestellten Spitzenwerten entspricht.

<Abbildung siehe Vorlage>

Legende:

Oxygen concentration (%)	Sauerstoffkonzentration (%)
Time (minutes from ignition)	Zeit (Minuten ab dem Anzünden)
Low level	Untere Ebene
Mid level (near door)	Mittlere Ebene (in der Nähe der Türe)
High level	Obere Ebene

Abbildung 18 – Die O₂ Konzentrationen beim Test 2

Die Konzentrationen des während des Tests gemessenen Kohlendioxids sind in der Abbildung 19 angegeben. Die maximale Konzentration des (auf der oberen Ebene) gemessenen Kohlendioxids lag knapp über 1,2 %.

20 Tests der auf Aerosoltechnologie beruhenden Systeme zum Unterdrücken von Feuer in Gefängnissen von Flame Guard b.v.

<Abbildung siehe Vorlage>

Legende:

CO2 concentration (%)	CO2 Konzentration (%)
Time (minutes from ignition)	Zeit (Minuten ab dem Anzünden)
Mid	Mittlere Ebene
High	Obere Ebene

Abbildung 19 – Die CO2 Konzentrationen beim Test 2

Die während des Tests gemessenen CO Konzentrationen sind in der Abbildung 20 dargestellt.

<Abbildung siehe Vorlage>

Legende:

CO concentration (ppm)	CO Konzentration (ppm)
Time (minutes from ignition)	Zeit (Minuten ab dem Anzünden)
Low	Untere Ebene
Mid	Mittlere Ebene
High	Obere Ebene

Abbildung 20 – Die CO Konzentrationen beim Test 2

21 Tests der auf Aerosoltechnologie beruhenden Systeme zum Unterdrücken von Feuer in Gefängnissen von Flame Guard b.v.

Die (auf der oberen Ebene) gemessenen CO Konzentrationen lagen bei über 3000 ppm und lagen mehr als eine Minute lang außerhalb des Messbereichs des Analysegeräts. Die maximalen Konzentrationen auf der unteren und der mittleren Ebene lagen bei 3000 ppm.

Die Werte sowohl des Kohlendioxids als auch des Kohlenmonoxids waren vor dem Einsatz des Systems gering. Deshalb hat der Prozess der Verbrennung der Aerosol bildenden Substanz in wesentlichem Maß zu den Toxizitätsbedingungen in der Zelle beigetragen. Dem muss jedoch, genau wie beim Test 1, die effektive Unterdrückung des Feuers durch das Aerosolsystem gegenüber gestellt werden.

Bei beiden Tests wurde ganz allgemein beobachtet, dass beim Öffnen der Zellentüre die Sicht in der Zelle begrenzt war. Dies könnte die Fähigkeit des Personals, die Zelleninsassen zu retten, beeinträchtigen.

Es wurden keine Messungen des im Raum herrschenden Drucks durchgeführt; es war jedoch ein anfänglicher Überdruck nach der Aktivierung des Aerosolgenerators festzustellen, da über die Lüftungsöffnungen, die Türe und die Decke des Versuchsaufbaus Rauch und Aerosole aus dem Testraum ausströmten.

Die auf dem Aerosolgenerator beruhende Feuerunterdrückungstechnologie benötigt kein Wasser. Nach den Tests wurde beobachtet, dass der Raum selbst und die darin befindlichen Gegenstände ‚trocken‘ waren. Dies stellt für die Gefängnisumgebung einen großen Vorteil dar, da auf diese Weise die Gefahr eines Wasserschadens ausgeschlossen wird. Nach dem Test wurde jedoch ein dünner ‚fettiger‘ Rückstand im Testraum vorgefunden.

4 Berechnungen der Fraktionalen Effektiven Dosis (FED)

4.1 Methode für die Analyse der toxischen Gefahr (FED)

4.1.1 Endpunkte für Feuergefahr und Aushaltbarkeit für die Inhaftierten und das Personal

Die wichtigsten toxischen Gefahren in Atmosphären mit Feuer sind die durch den Rauch verursachten Reizstoffe (Partikel und Gase) sowie die Erstickungsgase.

Je nach ihrer Konzentration können die durch den Rauch verursachten, reizenden Partikel und Gase wie z.B. das Hydrogenchlorid die Flucht- und Rettungsmaßnahmen behindern; desgleichen stellt das Einatmen eine potentielle Gefahr für die Lunge mit Reizung und Verletzung der Lunge als Folge dar. Es lässt sich so gut wie nicht vermeiden, dass die Zelleninsassen während eines Brands in der Zelle dem reizenden Rauch ausgesetzt werden, es lässt sich aber sehr wohl vermeiden, dass dies zu einer ernsthaften Verletzung führt. Die im Rahmen dieses Auftrags durchgeführten Analysen basieren auf der Annahme, dass kein Atemschutz verwendet wird, und stellen deshalb ein Worst Case Szenario dar.

Die Exposition gegenüber einer genügend großen eingeatmeten Dosis von Erstickungsgasen führt zu einer Hypoxie im Gehirn (dem Gehirngewebe steht eine ungenügende Menge an Sauerstoff zur Verfügung), die wiederum zu einem Kollaps mit Bewusstlosigkeit und anschließendem Tod bei längerer Exposition führt. Die eingeatmete Dosis von Erstickungsgasen nimmt während eines Feuers im Zeitverlauf zu, wenn die Feuergase eingeatmet werden und wenn die Konzentrationen der Feuergase mit dem sich entwickelnden Feuer zunehmen. Das Hauptanliegen für die Zelleninsassen besteht deshalb darin, deren Exposition während des Zeitraums bis zur Rettung bei einem Zellenbrand zu minimieren und insbesondere das Einatmen einer Expositionsdosis, die zu einer ernsthaften Handlungsunfähigkeit (Verlust des Bewusstseins) oder zum Tod führen kann, zu vermeiden.

Die wahrscheinlichsten Hauptgefahren, die von einer kurzen Exposition gegenüber der Hitze während eines Zellenbrands ausgehen, sind Schmerzen und Verbrennungen der Haut, auf die in extremen Fällen der Tod folgen kann. Wie bei den Erstickungsgasen lassen sich die Auswirkungen der Exposition gegenüber Hitze als ‚Dosen‘ von Hitzeexposition ausdrücken, die unterschiedliche Verletzungsgrade bewirken. Bei der Exposition gegenüber heißen Feuergasen hängt dies hauptsächlich von der Dauer der Exposition und der zunehmenden Temperatur während eines Feuers ab. Das Hauptaugenmerk zielt darauf ab, dass die Zelleninsassen während des Zeitraums bis zu ihrer Rettung keine ernsthaften Schmerzen bzw. Verbrennungen erleiden sollten.

Für die Bewertung der Aushaltbarkeit im Rahmen dieses Auftrags wurden die Gefahren durch die Exposition gegenüber den toxischen Erstickungsgasen und der Hitze (Gefahr durch Konvektion infolge des Kontakts mit den heißen Feuergasen) mittels der Methode der Fraktionalen Effektiven Dosis (FED) analysiert.

Die Grundlagen für die FED Methode zur Bewertung von Gefahren sind im nachfolgenden Kapitel beschrieben.

4.1.2 Vorhersage der Zeit bis zur Ohnmacht und zum Tod durch Erstickungsgase

Die bei einem Feuer freigesetzten Gase enthalten ein Gemisch von Erstickungsgasen, von denen die wichtigsten das Kohlenmonoxid (CO) und das Hydrogencyanid (HCN) sind. Es hat sich gezeigt, dass sich deren Auswirkungen kombinieren. Das Vorhandensein von Kohlendioxid (CO₂) im Feuer ist ebenfalls sehr wichtig, da es eine Hyperventilation bewirkt (d.h. die Zunahme des Luftvolumens, das jede Minute eingeatmet wird), was wiederum die Aufnahme von CO und HCN erhöht. Die durch das Feuer freigesetzten Gase werden in Sauerstoff abgebaut; deshalb beeinflusst eine direkte Hypoxie durch niedrige Sauerstoffwerte wiederum den Gesamtwert der Hypoxie, auch wenn dieser Effekt in der Regel geringer ist.

Die Zeit bis zur Handlungsunfähigkeit (Verlust des Bewusstseins) in einem Feuer hängt von den Gesamteffekten der Erstickungsgase ab, die in den vom Feuer freigesetzten Gasen enthalten sind. Die nachstehend beschriebene Methode wurde deshalb auf die während der Tests gemessenen Erstickungsgase angewandt, um den Anteil einer Expositionsdosis zu berechnen, die wahrscheinlich zu einer Handlungsunfähigkeit (Verlust des Bewusstseins) führt, der die Zelleninsassen und die Rettenden während der entsprechenden Feuerzeiten ausgesetzt sind.

Nachdem eine Person durch die Effekte dieser Erstickungsgase bewusstlos wird, atmet sie weiter und atmet die Gase in reduziertem Maß ein, wobei sich ihr Zustand allmählich verschlechtert, bis der Tod eintritt (ca. beim 2- bis 3-Fachen der Dosis von Erstickungsgasen, die den Verlust des Bewusstseins bewirkt).

Die betrachteten Erstickungsgase sind Kohlenmonoxid, Hydrogencyanid und Kohlendioxid sowie die durch niedrigen Sauerstoffgehalt bedingte Hypoxie. Die kombinierten Wirkungen dieser Gase wurden nach der Purser-Methode^{3,4,5,6} geschätzt. Diese Methode ist in einer aktuellen britischen Norm (BS9899-2: 1999)⁷ und einer internationalen Norm⁸ festgelegt. Detailangaben zu dieser Methode finden sich in den genannten Literaturnachweisen.

Im Rahmen dieses Auftrags wurde das Hydrogencyanid nicht gemessen. Bei dem von BRE ausgeführten früheren Auftrag wurden jedoch die Hydrogencyanidkonzentrationen angegeben, die von den Zelleneinrichtungen und den verschiedenen Artikeln, welche in diesem Testprogramm als Brennstoff dienten, erzeugt wurden. Die Konzentration von Hydrogencyanid in einem Feuer ist im Regelfall in etwa proportional zur Konzentration von Kohlenmonoxid (die bei allen Tests kontinuierlich gemessen wurde). Für die FED Berechnungen wurde ein Konzentrationsverhältnis (ppm) für CO:HCN von 80:1 verwendet. Bei diesem Verhältnis war der Beitrag von HCN zur toxischen Gesamtdosis auf eine geringere Wirkung beschränkt.

Die Handlungsunfähigkeit (Verlust des Bewusstseins) wird dann vorhergesagt, wenn die FED^{Erstickungsgase}, die sich im Laufe der Zeit summiert, 1 erreicht.

Der Tod durch Erstickung tritt ca. beim 2- bis 3-Fachen der FED^{Erstickungsgase} ein.

4.1.3 Auswirkungen der Intensität der körperlichen Aktivitäten auf den Verlauf der Erstickung

Das Volumen des Luftvolumens, das pro Minute von einer Person eingeatmet wird, und damit die Aufnahme der Erstickungsgase hängen von der physischen Aktivität und in einem gewissen Umfang vom geistigen Zustand der betreffenden Person ab. Für die Zelleninsassen wurde angenommen, dass sie sich prinzipiell in einem körperlichen Ruhezustand befinden, dass sie aber bei einem Brand in der Zelle relativ beunruhigt sind. Auf dieser Grundlage wurde eine Aufnahme (VE) von 15 Litern pro Minute angenommen. Diese Aufnahme nimmt je nach der Konzentration von Kohlendioxid (beim Einsatz von VCO₂) weiter zu.

4.1.4 Vorhersage der Zeit, bis es durch die Hitzekonvektion zu Schmerzen auf der Haut oder zu erhöhter Temperatur kommt

Die Zeit bis zur Handlungsunfähigkeit durch Hautschmerzen oder Hyperthermie (in Minuten) durch Wärmekonvektion aufgrund des Kontakts mit der Luft (die weniger als 10 Volumenprozent Wasserdampf enthält) ergibt sich durch:

$$t_{\text{HITZE}} = 5 \times 10^7 \times T^{-3,4}$$

wobei

T = Temperatur in °C

Die fraktionale Dosis der pro Minute aufgenommenen Hitze ist der Kehrwert der Zeit bis zur Handlungsunfähigkeit^{5,6}. Die fraktionalen Hitzedosen einer jeden Zeiteinheit summieren sich, bis die FED für Hitze Werte erreicht, bei denen die Zeit bis zur Handlungsunfähigkeit durch Schmerzen vorhergesagt wird. Bei einer hitzebedingten FED von ca. 3 werden Verbrennungen dritten Grades vorhergesagt.

Auf der Grundlage der beschriebenen Effekte wurden die FED Werte für Erstickungsgase und Hitze für jeden Test wie nachstehend dargestellt berechnet.

4.2 FED Ergebnisse für die durchgeführten Tests

Die berechneten FED Ergebnisse für die Flame Guard Tests sind in den Abbildungen 21 und 22 dargestellt. Die Grafiken ergeben sich für die auf mittlerer Höhe (1,6 m über dem Boden) in der Nähe der Türe gemessenen Gaskonzentrationen. Wie zuvor erwähnt, war beim Test 2 der Gasfluss durch die Pumpe, welche die Raumgase auf mittlerer Höhe ausbringt, erheblich reduziert. Die (wirklichen) maximalen Konzentrationen haben sich in dem Raum wahrscheinlich zu einer Zeit ergeben, die den an der unteren und der oberen Ebene festgestellten Spitzen entspricht. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass die nach 20 Minuten berechnete Fraktionale Effektive Dosis (0,69) den tatsächlichen Toxizitätsbedingungen in dem Raum entspricht.

Der Hauptreferenzpunkt ist die Zeit, zu der eine FED Kurve 1,0 auf der FED Skala überschreitet: Zu diesem Zeitpunkt wird die Handlungsunfähigkeit für einen Zelleninsassen vorhergesagt (durch die Erstickungsgase bedingter Bewusstseinsverlust oder starke Schmerzen durch die der Hitze ausgesetzte Haut). Eine Kurve, die einen FED Wert von 0,33 nicht überschreitet, hat – auch für empfindliche Personen – nur minimale Auswirkungen.

<Abbildung siehe Vorlage>

Legende:

Time (minutes from ignition)	Zeit (Minuten ab dem Anzünden)
FED asphyxia = unconsciousness; FED heat = extreme pain	FED Asphyxie = Bewusstlosigkeit; FED Hitze = extreme Schmerzen
FED asphyxia	FED Asphyxie
FED heat	FED Hitze

Abbildung 21 – FED auf mittlerer Höhe beim Test 1

Das auf Aerosoltechnologie beruhende Flame Guard Feuerunterdrückungssystem gewährleistete beim Test 1 während eines Zeitraums von 20 Minuten aushaltbare Bedingungen (sowohl was die Hitze als auch die Erstickungsgase anbelangt). Die Bedingungen näherten sich jedoch der Dosis von Erstickungsgasen, die die Handlungsunfähigkeit bewirkt.

25 Tests der auf Aerosoltechnologie beruhenden Systeme zum Unterdrücken von Feuer in Gefängnissen von Flame Guard b.v.

<Abbildung siehe Vorlage>

Legende:

Time (minutes from ignition)	Zeit (Minuten ab dem Anzünden)
FED asphyxia = unconsciousness; FED heat = extreme pain	FED Asphyxie = Bewusstlosigkeit; FED Hitze = extreme Schmerzen
FED asphyxia	FED Asphyxie
FED heat	FED Hitze

Abbildung 22 – FED auf mittlerer Höhe beim Test 2

Das auf Aerosoltechnologie beruhende Flame Guard Feuerunterdrückungssystem gewährleistete beim Test 2 während eines Zeitraums von 20 Minuten aushaltbare Bedingungen (sowohl was die Hitze als auch die Erstickungsgase anbelangt). Die Bedingungen näherten sich jedoch der Dosis von Erstickungsgasen, die die Handlungsunfähigkeit bewirkt.

BRE Fire and Security Kundenbericht Nr. 246190
Vertrauliche geschäftliche Mitteilung

© BRE Global Ltd 2008

5 Schlussfolgerungen

Flame Guard b.v. wünschte eine Überprüfung der Effektivität ihrer auf Aerosolen beruhenden Systeme zur Unterdrückung von Bränden in Gefängniszellen. Im Rahmen dessen stellte Flame Guard BRE für die Durchführung der Tests Vorrichtungen zur Verfügung, in denen das Trockensprinkler-Pulveraerosol Typ 5 (DSPA 5) enthalten war. Dabei ist die Substanz in Form eines Feststoffs in einer metallischen Einheit enthalten und tritt nach der Aktivierung eigenständig in Form von Aerosolen aus der Einheit aus. Die Verbrennung des im Generatorkörper enthaltenen Feststoffs bewirkt die Bildung von Aerosolen, die in der Lage sind, das Feuer zu unterdrücken.

BRE hat bereits früher ein umfassendes Programm experimenteller Erforschungen durchgeführt und dabei vor allem die Effektivität von auf Wassernebel basierenden Unterdrückungssystemen zur Unterdrückung von Bränden in Gefängniszellen untersucht. Deshalb verfügt BRE über einen Versuchsaufbau mit den erforderlichen Instrumenten zur Messung der in einem Feuer herrschenden Temperatur- und Gasbedingungen. Im Rahmen früherer Aufträge hat BRE ein ‚Feuerszenario‘ für die Bewertung von Wassernebel entwickelt. Dasselbe Feuerszenario (aber mit anderen ‚Vorbrenn‘-Zeiten) wurde in Verbindung mit Gefängniseinrichtungen (d.h. Nachtkästchen, Matratzen, Bettdecken etc.) für die Tests mit der auf Aerosolen beruhenden Flame Guard Feuerunterdrückungstechnologie verwendet.

Dabei wurden folgende Tests durchgeführt:

- Test 1 – das von BRE entwickelte ‚Standard‘-Feuerszenario mit Einsatz der Unterdrückungsvorrichtung zwei Minuten nach dem Anzünden.
- Test 2 – das von BRE entwickelte ‚Standard‘-Feuerszenario mit Einsatz der Unterdrückungsvorrichtung zwei Minuten nach der Entdeckung des Testfeuers (hierfür wurde ein Ionisationsmelder, so wie er in privaten Haushalten zum Einsatz kommt, verwendet, der mittig an der Decke des Testraums installiert war).

Die Substanzmenge in jeder Generatoreinheit beträgt laut Angabe von Flame Guard 3,3 kg. Dies entspricht nach der Entladung in dem 36 m² großen Testvolumen einer Konzentration von 91,7 g/m³. Die Entladungszeit der Aerosolvorrichtung beträgt laut Flame Guard 20 bis 28 Sekunden.

Die maximale gemessene Konzentration von Kohlenmonoxid lag bei den beiden Tests über 3000 ppm. Die Werte sowohl des Kohlendioxids als auch des Kohlenmonoxids waren vor dem Einsatz des Systems gering. Deshalb hat der Prozess der Verbrennung der Aerosol bildenden Substanz einen wesentlichen Beitrag zu den Toxizitätsbedingungen in der Zelle geleistet. Dem muss jedoch die effektive Unterdrückung des Feuers durch das Aerosolsystem gegenüber gestellt werden.

Bei beiden Tests wurde ganz allgemein beobachtet, dass beim Öffnen der Zellentüre die Sicht in der Zelle begrenzt war. Dies könnte die Fähigkeit des Personals, die Zelleninsassen zu retten, beeinträchtigen.

Es wurden keine Messungen des im Raum herrschenden Drucks durchgeführt; es war jedoch ein (anscheinend sehr geringer) anfänglicher Überdruck nach der Aktivierung des Aerosolgenerators festzustellen, da über die Lüftungsöffnungen, die Türe und die Decke des Versuchsaufbaus Rauch und Aerosole aus dem Testraum ausströmten.

Die auf dem Aerosolgenerator beruhende Feuerunterdrückungstechnologie benötigt kein Wasser. Nach den Tests wurde beobachtet, dass der Raum selbst und die darin befindlichen Gegenstände ‚trocken‘ waren. Nach dem Test wurde jedoch ein dünner ‚fettiger‘ Rückstand im Testraum vorgefunden. Dies stellt sich für die Gefängnisumgebung einen großen Vorteil dar, da auf diese Weise die Gefahr eines Wasserschadens ausgeschlossen wird.

27 Tests der auf Aerosoltechnologie beruhenden Systeme zum Unterdrücken von Feuer in Gefängnissen von Flame Guard b.v.

Die Berechnungen der Fraktionalen Effektiven Dosis haben gezeigt, dass die auf der Aerosoltechnologie beruhenden Systeme zur Unterdrückung von Bränden in beiden Tests sowohl für die Hitze als auch für die Erstickungsgase 20 Minuten lang aushaltbare Bedingungen gewährleisteten, auch wenn sich die Bedingungen der Dosis näherten, die eine durch Erstickungsgase bedingte Handlungsunfähigkeit hervorruft.

Beim Einsatz des Generators nahmen die Temperaturen in dem Raum anfänglich nach der Aktivierung zu (bis ca. 100 °C), sanken aber innerhalb ca. einer Minute wieder schnell ab. Die Temperaturen erhöhten sich nicht, als die Türe 5 Minuten nach dem Einsatz des Systems geöffnet wurde und blieben anschließend in etwa bei Umgebungstemperatur. Beide Testfeuer wurden effektiv unterdrückt (das Testpersonal stellte nach jedem Test noch einen kleinen schwelenden Herd fest, was zeigte, dass das Feuer nicht vollständig gelöscht war). An dem Nachtkästchen war nur ein sehr begrenzter Feuerschaden festzustellen. Nach dem Test 2 stellte das Testpersonal jedoch einen kleinen schwelenden Herd fest, der sich anschließend zu einer Verbrennung mit offener Flamme entwickelte, wodurch die Integrität der aus einer Hartfaserplatte bestehenden Rückwand des Nachtkästchens am oberen rechten Fach (in dem sich die Zeitung, die Zeitschrift, die Tastatur und mehrere Rollen Toilettenpapier befanden) beeinträchtigt wurde. Dies zeigte klar das Potential für eine erneute Entzündung.

Insgesamt zeigte das auf Aerosolen beruhende System von Flame Guard in den beiden getesteten Szenarien, dass es in der Lage war, das Feuer effektiv zu unterdrücken und während 20 Minuten aushaltbare Bedingungen zu gewährleisten.