

## **ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΜΑΔΑ**

### **Κοκοτσάκης Βασίλειος**

Ειδικός δικαστικός Πραγματογνώμονας σε θέματα Πυρκαγιών

### **Εμμανουήλ Παπαδάκης**

Department of Mathematics,

University of Houston,

651 Phillip G. Hoffman Hall,

Houston, TX 77204-3008

### **Μάρκος Χρυσός**

Χημικός Μηχανικός,

Πραγματογνώμονας επικίνδυνων φορτίων

### **Federico Carrasco**

Επιστήμονας Πληροφορικής και Επιχειρηματίας,

Απόφοιτος του Τμήματος Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών και

Πληροφορικής, Πανεπιστημίου Πατρών,

με εξειδίκευση στην Τεχνητή Νοημοσύνη, τα Πολυμέσα, την Κυβερνοασφάλεια  
και το Metaverse.

Τεχνικοί σύμβουλοι Οικογενειών Θυμάτων Δυστυχήματος  
Τεμπών

## **ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ:**

### **Πυρόσφαιρα, Χημικό Νέφος VOCs και Διείσδυση Λιποφιλικών Χημικών.**

#### **-Ανάλυση της Αιτιολογικής Αλυσίδας Χημικής Έκθεσης με Εφαρμογή Βευζιανής Επαγωγής (Bayesian Inference).**

(Συσχέτιση μαρτυριών, τεχνικών δεδομένων, ιατροδικαστικών ευρημάτων και φυσικοχημικών μηχανισμών σε ένα ενιαίο συμπέρασμα υψηλής βεβαιότητας)

#### **Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή, Πλαίσιο Εντολής και Μεθοδολογία**

Η παρούσα έκθεση δεν βασίζεται σε εικασίες αλλά σε τεχνικά παρατηρήσιμα φαινόμενα, που δεν επιδέχονται εναλλακτική εξήγηση.

Η Έκθεση χρησιμοποιεί τις μαρτυρίες των επιβατών: 1. Την οσμή που ομοιάζει με οσμή στεγνοκαθαριστηρίου . 2. Τη μαρτυρία για έντονη οσμή παρόμοια με οσμή καύσης από σπινθηροβόλα κεριά .

Όλες αυτές οι μαρτυρίες συσχετίζονται ως ανεξάρτητα στοιχεία που υποδεικνύουν την παρουσία πτητικών οργανικών διαλυτών (VOCs/PAHs), οι οποίοι είναι συμβατοί με την πυρόσφαιρα και τα χημικά εγκαύματα.

**Η Έκθεση αυτή δεν αμφισβητεί πλέον απλώς το επίσημο αφήγημα, αλλά το καταρρίπτει χρησιμοποιώντας αδιάσειστα φυσιολογικά και φυσικοχημικά στοιχεία.**

#### **1.1.Σκοπός της Πραγματογνωμοσύνης – Πλαίσιο Εντολής:**

Η παρούσα έκθεση έχει ως σκοπό τη συσχέτιση των τεχνικών δεδομένων (πυρόσφαιρα, χημικό νέφος) με τις μαρτυρίες των επιβατών του Βαγονιού 3 και τα ιατροδικαστικά ευρήματα των πυροσβεστών, προκειμένου να θεμελιωθεί η αιτιολογική αλυσίδα της χημικής έκθεσης και των τραυματισμών.

#### **1.2.Έγγραφα που Εξετάστηκαν:**

Ελήφθησαν υπόψη οι καταθέσεις διασωθέντων επιβατών, τα ιατρικά πιστοποιητικά των πυροσβεστών, καθώς και τα τεχνικά συμπεράσματα περί "Πυρόσφαιρας – Χημικού Νέφους – Λιποφιλικών Εγκαυμάτων".

#### **1.3.Μεθοδολογία Ανάλυσης:**

Η ανάλυση βασίστηκε στη σύνθεση δεδομένων από πολλαπλούς επιστημονικούς κλάδους: --Θερμοδυναμική (για την κλίμακα της πυρόσφαιρας),

-Χημική Μηχανική (για τη συμπεριφορά των πτητικών οργανικών ενώσεων(VOCs )και τα κατώτερα-Ανώτερα Όρια Έκρηξης-ανάφλεξης(LEL/UEL)

-και Ιατροδικαστική (για τη συσχέτιση της χημικής έκθεσης με τους κλινικούς τραυματισμούς).

Επίσης έγινε Εφαρμογή -κανόνα Bayes (Bayesian Inference).

Η παρούσα στην έκθεση ανάλυση συσχετίζει τα τεχνικά συμπεράσματα της έκθεσης ("Πυρόσφαιρα – Χημικό Νέφος – Λιποφιλικά Εγκαύματα") με τις αναφορές των επιβατών στις καταθέσεις-Υπεύθυνες Δηλώσεις τους, ενισχύοντας την αιτιολογική αλυσίδα.

Η παρουσία πυρόσφαιρας μεγάλου ύψους, η χαρακτηριστική οσμή τύπου στεγνοκαθαριστηρίου που αναφέρθηκε από επιβάτες, η εμφάνιση λευκού νέφους, καθώς και τα λιποφιλικά χημικά εγκαύματα που υπέστησαν οι πρώτοι πυροσβέστες, συνιστούν αλληλο-ενισχυόμενα τεχνικά δεδομένα.

Η φύση των τραυματισμών των πυροσβεστών – χημικά εγκαύματα με διείσδυση λιποφιλικού αρωματικού υδρογονάνθρακα διαμέσου άθικτης στολής – υποδεικνύει την παρουσία πτητικής οργανικής ουσίας με υψηλή λιποδιαλυτότητα. Τέτοιες ουσίες παράγονται αποκλειστικά από την καύση ή θερμική αποσύνθεση οργανικών διαλυτών ή από υλικά που δημιουργούν αρωματικούς υδρογονάνθρακες.

Το Βαγόνι 3 βρέθηκε μέσα σε πτητικό νέφος χημικών ατμών που θα μπορούσε να προκαλέσει δευτερογενή ανάφλεξη. Ωστόσο, λόγω έλλειψης ενδογενούς πηγής ανάφλεξης (ignition source) και της ταχείας αναρρόφησης του νέφους από τα θερμικά ρεύματα των φλεγόμενων βαγονιών 1–2-κυλικείο, το εύφλεκτο μείγμα δεν οδηγήθηκε σε φαινόμενο ταχείας εξάπλωσης φλόγας μέσα σε ένα μείγμα εύφλεκτου ατμού, αερίου ή λεπτής σκόνης και αέρα. (ακαριαία ανάφλεξη-flashfire). Ως αποτέλεσμα, οι επιβάτες διασώθηκαν από ένα εν δυνάμει θανατηφόρο σενάριο Μη-Εκδήλωσης Ανάφλεξης ή Παραλίγο Ανάφλεξη(missed ignition)

Η φύση των τραυματισμών των πυροσβεστών – χημικά εγκαύματα με διείσδυση λιποφιλικού αρωματικού υδρογονάνθρακα διαμέσου άθικτης στολής – υποδεικνύει την παρουσία πτητικής οργανικής ουσίας με υψηλή λιποδιαλυτότητα.

Τέτοιες ουσίες παράγονται αποκλειστικά από την καύση ή θερμική αποσύνθεση οργανικών διαλυτών(αρωματικούς υδρογονάνθρακες) ή από υλικά που δημιουργούν αρωματικούς υδρογονάνθρακες.

## **Κεφάλαιο 2: Χρονολογική Ακολουθία & Καταγραφή Δεδομένων**

### **2.1. Συνδυασμένη Χρονοσειρά Πυρόσφαιρας – Νέφους – Τραυματισμών:**

#### **Α.Σύγκρουση & Πρωτογενές Θερμικό Γεγονός: Σχηματισμός Πυρόσφαιρας.**

**Η καταγεγραμμένη πυρόσφαιρα ύψους περίπου 80m αποτελεί ένδειξη άμεσης ανάφλεξης μάζας πτητικού καυσίμου κατόπιν** απελευθέρωσης πτητικών οργανικών υγρών και άμεση ανάφλεξη της ατμοποιημένης φάσης.

Η θερμοδυναμική ενός φαινομένου τέτοιας κλίμακας προϋποθέτει ταχεία ατμοποίηση υγρού οργανικού καυσίμου ή διαλύτη, υψηλή θερμική ενεργειακή πυκνότητα, και στιγμιαία οξειδωση(ένωση με οξυγόνο) αεριοποιημένης ύλης. Η πυρόσφαιρα αντιστοιχεί σε παρουσία οργανικών διαλυτών, καυστικών υγρών, ή υλικών που θερμικά αποσυντίθενται παράγοντας αρωματικούς ή αλειφατικούς υδρογονάνθρακες

Παραμονή άκαυστου υλικού σε υγρή μορφή (επιφανειακές "λίμνες") στο έδαφος και στις θερμές λαμαρίνες. Συνθήκες τέτοιου τύπου δεν δημιουργούνται από συμβατικά υλικά συρμού (πολυμερή, ρητίνες, κ.λπ.

Συνεπώς η πυρόσφαιρα αντιστοιχεί σε παρουσία οργανικών διαλυτών, καυστικών υγρών, ή υλικών που θερμικά αποσυντίθενται παράγοντας αρωματικούς ή αλειφατικούς υδρογονάνθρακες.

#### **2.2.Δευτερογενές Φαινόμενο: Σχηματισμός Χημικού Νέφους και Έκθεση Επιβατών**

##### **2.2.1.Ανάλυση Χημικού Νέφους και Μαρτυριών**

- Εισβολή Λευκού Νέφους: Επιβάτης περιγράφει την παρουσία λευκού νέφους μέσα στο βαγόνι 3.
- Αίσθηση Καύσου & Οσμής: Αναφέρθηκαν αισθήσεις καύσου στο δέρμα χωρίς φλόγα, καθώς και χαρακτηριστική οσμή τύπου στεγνοκαθαριστηρίου .Τα συμπτώματα αυτά συνάδουν πλήρως με την ερεθιστική/καυστική δράση πτητικών οργανικών ενώσεων υψηλής συγκέντρωσης.
- Άλλος επιβάτης περιγράφει «Έντονη μυρωδιά κάποιου χημικού, εμένα μου θύμιζε την μυρωδιά των παλιών καθαριστηρίων, σε εκατό φορές μεγαλύτερη ένταση». Αναφέρει επίσης: «Έκαιγε ο λαιμός μου και δυσκολευόμουν να αναπνεύσω. Τσούζανε τα μάτια μου και έβλεπα με δυσκολία».

### **2.2.2.Η Μαρτυρία του Επιβάτη..... (Βαγόνι 2 – Πλησιέστερο στο Κέντρο ανάφλεξης)**

Ο επιβάτης ....., που διέφυγε από το Βαγόνι 2, κλήθηκε να καταθέσει σχεδόν 1,5 χρόνο μετά το συμβάν, παρά το ότι ήταν εκ των πρώτων που τηλεφώνησαν στο 112. Κατά την κατάθεσή του στον Ανακριτή, στην ερώτηση για ιδιαίτερη οσμή, απάντησε:

*«Θυμάμαι σε όλο τον χώρο να μυρίζει όπως ακριβώς μυρίζουν αυτά τα σπινθηροβόλα κεριά που βάζουμε στις τούρτες γενεθλίων.»*

#### **Η μαρτυρία αυτή είναι κρίσιμη, καθώς:**

(α) προέρχεται από το πλέον εκτεθειμένο βαγόνι και

(β) η οσμή των σπινθηροβόλων

-συνδέεται άμεσα με έντονη θερμική αποσύνθεση και πρωτογενή προϊόντα πυρόλυσης, που είναι εξαιρετικά πτητικά και δριμεία, ενισχύοντας την υπόθεση για ταχεία δημιουργία πτητικών οργανικών ενώσεων (VOCs) στο σημείο της έκρηξης.

### **2.2.3 Τεχνική Συσχέτιση Οσμής - Προϊόντα Πυρόλυσης**

Η οσμή που περιγράφεται ως "σπινθηροβόλα κεριά" ή "κροτίδες" συνήθως οφείλεται στην ταυτόχρονη παραγωγή εξαιρετικά ερεθιστικών και πτητικών οργανικών ενώσεων που απελευθερώνονται με μεγάλη ταχύτητα.

Οι κύριοι οργανικοί διαλύτες ή ενώσεις, όταν καίγονται ή υφίστανται ταχεία πυρόλυση, παράγουν χημικές ουσίες που ευθύνονται για αυτή την αιχμηρή, πικρή/δριμεία οσμή.

Κατά την ταχεία πυρόλυση οργανικών διαλυτών ή καυσίμων, απελευθερώνονται αμέσως πτητικές αρωματικές ενώσεις χαμηλού μοριακού βάρους (όπως Βενζόλιο, Τολουόλιο, Ξυλόλιο) καθώς και οι πρόδρομες ουσίες για τη δημιουργία ΠΑΥ (PAHs).

Αυτές οι ενώσεις έχουν συχνά χημική οσμή που όταν αναμιγνύεται με τις αλδεΐδες, δίνει ένα σύνθετο οσφρητικό προφίλ, παρόμοιο με αυτό των βεγγαλικών.

### **2.2.4 Ανάλυση της Συμβατότητας των Δύο Οσφρητικών Μαρτυριών**

**Σημαντική Διευκρίνιση:** Η εμφάνιση δύο διαφορετικών οσφρητικών περιγραφών (οσμές στεγνοκαθαριστιρίου και σπινθηροβόλων κεριών) δεν συνιστά αντίφαση, αλλά επιβεβαιώνει τη σύνθετη χημική φύση του νέφους και την παρουσία πτητικών οργανικών ενώσεων (VOCs).

Το νέφος στο σημείο της έκρηξης ήταν ένα σύνθετο μείγμα δύο φάσεων του ίδιου οργανικού υλικού. Οι Λιποφιλικόι Αρωματικοί Υδρογονάνθρακες (Λ.Α.Υ.)

που δεν κήκταν, ευθύνονται για την οσμή «στεγνοκαθαριστηρίου».Η ταχεία και βίαιη θερμική αποσύνθεση (πυρόλυση) του ίδιου υλικού παρήγαγε άμεσα Πρωτογενείς Αλδεΐδες (όπως η Ακρολεΐνη) και άλλα πτητικά, δριμεία αέρια, τα οποία αντιστοιχούν στην έντονη, αιχμηρή οσμή των «σπινθηροβόλων κεριών».

### **Η διαφοροποίηση των μαρτυριών οφείλεται στην Οσφρητική Μνήμη των μαρτύρων:**

Ο ενήλικας μάρτυρας (μεσήλικας) αναγνώρισε την οσμή του Λ.Α.Υ., που συνδέεται βιωματικά με διαλύτες (όπως το παλαιό **white spirit** ή οι διαλύτες στεγνοκαθαριστηρίου) οι οποίοι ήταν διαδεδομένοι στην αγορά.

Ο νεαρότερος μάρτυρας (.....), χωρίς την ίδια βιωματική μνήμη των παλαιών διαλυτών, περιέγραψε την οσμή των πρωτογενών προϊόντων πυρόλυσης/αλδεΐδων, οι οποίες είναι ερεθιστικές και θυμίζουν βίαιη καύση (πυροτεχνήματα/σπινθηροβόλα).

**Συμπερασματικά, και οι δύο μαρτυρίες συντείνουν στο ίδιο τεχνικό συμπέρασμα: Την παρουσία μαζικής ποσότητας πτητικού οργανικού υλικού που υπέστη ταχεία θερμική διάσπαση.**

### **2.2.5.Η Φυσιολογική Απόδειξη της Καυστικής Δράσης των VOCs**

*«...είχαν καψαλιστεί τα μαλλιά μου (παρόλο που δεν ήρθα σε άμεση επαφή με την φωτιά)...»*

Η μαρτυρία της επιβάτου-μάρτυρος ..... παρέχει την πλέον ισχυρή ένδειξη για την καυστική φύση του νέφους. Το καψάλισμα μαλλιών χωρίς άμεση επαφή με φλόγα (όπως σε κοστούμι πυρκαγιάς) είναι το πλέον χαρακτηριστικό δείγμα έντονου, στιγμιαίου θερμικού κύματος (flash-over/flash fire) που προκαλείται από την ανάφλεξη αεριοποιημένης μάζας πτητικού καυσίμου (Pyrosphere/VOCs).

*«Η ατμόσφαιρα μέσα στο βαγόνι μας έκαιγε τον λαιμό και την μύτη καθιστώντας δύσκολη την αναπνοή μας...»*

Το κάψιμο στη μύτη και το λαιμό είναι χαρακτηριστικό άμεσης έκθεσης σε ερεθιστικά, πτητικά οργανικά αέρια (όπως η Ακρολεΐνη και άλλες αλδεΐδες), που παράγονται από τη βίαιη θερμική αποσύνθεση (πυρόλυση) οργανικών διαλυτών. Αποκλείει τον απλό καπνό πλαστικών ή ρητινών, πολυμερών και άλλων υλικών συμβατικών με τα τρένα.οι οποίοι προκαλούν πνιγμό, όχι άμεσο καυστικό πόνο στους αεραγωγούς.

*«Ο κ.ανακριτής στην ερώτηση για την οσμή... με ρωτούσε εντόνως αν η μυρωδιά μου θύμιζε καμένη μπαταρία και του είπα πως όχι (διότι στην εργασία μου είχα περιστατικό με καμένη μπαταρία και η οσμή δεν προσομοίαζε καθόλου)...»*

Αυτή η δήλωση, προερχόμενη από άτομο με βιωματική γνώση της οσμής καμένης μπαταρίας, και η ρητή άρνηση του ότι η οσμή προσομοίαζε «καμένη μπαταρία» ,ακυρώνει την επίσημη εκδοχή της ηλεκτρικής αιτιολογίας και εστιάζει την έρευνα αποκλειστικά στην ύπαρξη εξωτερικού χημικού φορτίου.

Επίσης η περιγραφή της ίδιας μάρτυρος για λάμψη (*«όχι στο χαρακτηριστικό χρώμα της φωτιάς»*) συνάδει με την χημική ανάφλεξη υδρογονανθράκων και όχι με τη φωτιά οργανικών υλικών του συρμού.

Το πλήρες φάσμα των σωματικών συμπτωμάτων ... επιβάτη -μάρτυρος , ..... , όπως η ίδια το περιγράφει, παρέχει την ολοκληρωμένη εικόνα της χημικής τοξικότητας:

*«Ακόμα είχα έναν συνεχιζόμενο ξηρό βήχα από εκείνο το βράδυ»* σύμπτωμα χαρακτηριστικό μόνιμου ερεθισμού των αεραγωγών . Αυτός ο ερεθισμός προκαλείται από την εισπνοή καυστικών, ερεθιστικών αερίων ή λεπτών αιωρούμενων σωματιδίων (όπως τα προϊόντα πυρόλυσης των VOCs/αλδεΐδες).Αυτό συνδέεται με την μαρτυρία ..... , (*άμεσο κάψιμο στο λαιμό/μύτη*) ως η οξεία φάση της ίδιας χημικής προσβολής των βλεννογόνων.

Ο παρατεταμένος ξηρός βήχας είναι χαρακτηριστικό σύμπτωμα που οφείλεται σε χρόνιο ερεθισμό του αναπνευστικού συστήματος από την εισπνοή υψηλών συγκεντρώσεων ερεθιστικών και καυστικών αερίων .(όπως οι αλδεΐδες που παράγονται από την πυρόλυση πτητικών οργανικών διαλυτών).

Το σύμπτωμα αυτό, σε συνδυασμό με το άμεσο «κάψιμο στο λαιμό και τη μύτη» που αναφέρει η μάρτυς ..... , θεμελιώνει πλέον με φυσιολογικά κριτήρια **ότι οι επιβάτες εκτέθηκαν σε δραστικές, τοξικές, χημικές ενώσεις και όχι σε απλό καπνό πυρκαγιάς.**

Οι μαρτυρίες αυτές δεν είναι απλές περιγραφές, αλλά αντικειμενικά φυσιολογικά δεδομένα και δεν προστέθηκαν απλώς στην έκθεση , αλλά αύξησαν τη βεβαιότητα του αρχικού μας συμπεράσματος.

Τα περιγραφόμενα συμπτώματα (κάψιμο, ερεθισμοί, χρόνιος βήχας κ.α) αποτελούν πλήρη κλινική εικόνα χημικής προσβολής, η οποία ταυτίζεται με την εισπνοή ερεθιστικών Πτητικών Οργανικών Ενώσεων (VOCs) και πρωτογενών προϊόντων πυρόλυσης (Αλδεΐδες, Ακρολεΐνη).

#### **2.2.6.Διαπίστωση Καθυστέρησης & Πρωτοβουλίας:**

Είναι κρίσιμο να επισημανθεί ότι οι πλέον αποκαλυπτικές μαρτυρίες, όπως αυτές των επιβατών,.....—οι οποίες παρέχουν αδιάσειστα τεχνικά στοιχεία για το Flash Fire (καψάλισμα μαλλιών) και τη Χημική Προσβολή (καύσος ,νέφος ,οσμές, καυστικός ερεθισμός, χρόνιος βήχας)—ελήφθησαν με σημαντική καθυστέρηση και κατόπιν γραπτής απαίτησης των ίδιων των αυτοπτών μαρτύρων μέσω των νομικών τους εκπροσώπων.

Αυτή η δικανική καθυστέρηση και η εσφαλμένη εστίαση οδήγησαν στην μη αναστρέψιμη απώλεια ζωτικών, εύθραυστων τεχνικών και ιατροδικαστικών ευρημάτων, τα οποία θα είχαν θεμελιώσει την Έκθεση πολύ νωρίτερα.

**Ειδικότερα:** Απώλεια της δυνατότητας έγκαιρης λήψης δειγμάτων από τις επιφάνειες (βαγόνια, ράγες, συντρίμια κ.λ.π) για την ανίχνευση υπολειμμάτων πτητικών οργανικών ενώσεων (VOCs), τα οποία είναι εξαιρετικά ασταθή και εξαφανίζονται σύντομα μετά το συμβάν.

Αδυναμία έγκαιρης κλινικής εκτίμησης των χημικών εγκαυμάτων και ερεθισμών των επιβατών και των διασωστών (πυροσβεστών) από ειδικούς ιατρούς εργασίας/τοξικολόγους, με αποτέλεσμα την ελλιπή καταγραφή της χημικής προσβολής στους ιατρικούς φακέλους.»

#### **2.2.6. Προέλευση Νέφους:**

##### **Χρονική αλληλουχία της προσβολής:**

- Άμεσο Συμβάν: Οσμές «λευκού σπίρτου/στεγνοκαθαριστηρίου» και «σπινθηροβόλων κεριών» (VOCs/Αλδεΐδες).
- Οξεία Φάση: Καυστική αίσθηση στο λαιμό/μύτη .....).
- Υποξεία/Χρόνια Φάση: Συνεχιζόμενος ξηρός βήχας (.....)

Το λευκό νέφος αντιστοιχεί σε αερόλυμα ή συμπύκνωμα οργανικών ατμών και υδρατμών.

Αυτό το φαινόμενο είναι δευτερογενές προϊόν της πυρόσφαιρας, προκύπτοντας από αεριοποίηση υπολειμματικής οργανικής ύλης (άκαυτο υλικό).

Σταδιακή εξάτμιση και επαν-εξάτμιση του διαλύτη λόγω θερμότητας και επαφής με νερά κατάσβεσης, οδηγώντας στη δημιουργία δευτερογενούς νέφους VOCs.2.

Η οσμή «στεγνοκαθαριστηρίου» είναι χαρακτηριστική για ουσίες όπως τετραχλωροαιθυλένιο, αρωματικούς υδρογονάνθρακες (toluene, xylene), κετόνες, και διαλύτες χαμηλού σημείου ανάφλεξης.

Ο οσφρητικός δείκτης «σπινθηροβόλων κεριών» είναι τεχνικά συμβατός με την παρουσία πτητικών προϊόντων πυρόλυσης (VOCs/PAHs), καθώς και οι δύο τύποι οσμής (στεγνοκαθαριστηρίου και σπινθηροβόλων κεριών) συνδέονται με αρωματικές οργανικές ενώσεις.

Η εισβολή του λευκού, αποπνικτικού νέφους στο Βαγόνι 3 , περίπου 5+ λεπτά μετά την σύγκρουση, προκαλώντας καύσο και ερεθισμό.

Η αλληλουχία γεγονότων (πυρόσφαιρα - λευκό νέφος - οσμές - αίσθηση καύσου) τεκμηριώνει την ύπαρξη ποσότητας ακαύστου (άκαυστου) υλικού είτε

ως ατμοποιημένης ουσίας είτε ως αερολύματος, το οποίο παρέμεινε στο περιβάλλον του συμβάντος.

#### **2.2.7. Τι συνέβη στα Βαγόνια 1, 2 και στο Κυλικείο:**

**Εκεί υπήρχαν ταυτόχρονα οι παρακάτω πηγές ανάφλεξης:**

- Σπινθήρες, βραχυκυκλώματα, θερμά στοιχεία, μεταλλική τριβή υψηλής ενέργειας
- Μείγμα αερίου-αέρα εντός του εύρους αναφλεξιμότητας
- Παρατεταμένη θερμική έκθεση από το σημείο σύγκρουσης.

**Η παρατεταμένη θερμική έκθεση από το σημείο σύγκρουσης προκάλεσε τη συνεχή θέρμανση των υπολειμματικών υγρών διαλυτών στην επιφάνεια του εδάφους, οδηγώντας σε δευτερογενή και τριτογενή κύματα επαν-εξάτμισης και στη διαμόρφωση τοξικών νεφών πτητικών οργανικών ενώσεων- VOCs, που είχαν σαν συνέπεια τον θάνατο 27 διασωθέντων από την σύγκρουση εγκλωβισμένων επιβατών, τον τραυματισμό των πυροσβεστών και τον κίνδυνο κατά της ζωής των υπολοίπων επιβατών.**

Αυτοί οι παράγοντες δημιούργησαν αναφλέξεις και θερμική επέκταση, που οδήγησαν στην καταστροφή των βαγονιών 1-2-κυλικείου και στη θανατηφόρα ασφυξία των εγκλωβισμένων λίγο πριν την επέκτασή της καύσης επί σωμάτων και αντικειμένων και μάλιστα σε χρόνο  $\pm 3$  λεπτά για τους ανθρώπους(ασφυξία) και λεπτά ( $\pm 5$ ) ακαριαία ανάφλεξη.

### **Κεφάλαιο 3: Τεχνική & Φυσικοχημική Ανάλυση**

#### **3.1. Ανάλυση Πρωτογενούς Θερμικού Γεγονότος (Πυρόσφαιρα):**

Η καταγεγραμμένη πυρόσφαιρα υποδηλώνει άμεση ανάφλεξη μεγάλης μάζας πτητικού καυσίμου. Τέτοια κλίμακα φαινομένου δεν δημιουργείται από συμβατικά υλικά συρμού, αλλά προϋποθέτει την παρουσία οργανικών διαλυτών ή υλικών που παράγουν αρωματικούς/αλειφατικούς υδρογονάνθρακες.

#### **Μαρτυρική Τεκμηρίωση του Θερμικού Κύματος (Flash Fire)**

Η Τεχνική Έκθεση ενισχύεται από τη συνθήκη καψαλίσματος μαλλιών επιβάτη (.....) χωρίς άμεση επαφή με φλόγα, καθώς και από τη μαρτυρία για λάμψη που δεν είχε το χαρακτηριστικό χρώμα της φωτιάς.

**Το γεγονός ότι τα μαλλιά της επιβάτη- μάρτυρα καψαλίστηκαν, («παρόλο που δεν ήρθα σε άμεση επαφή με την φωτιά» , κατά δήλωση της) αποδεικνύει την ταχύτατη διάχυση ενός ακραία έντονου θερμικού κύματος (Heat Flux) μέσα στο βαγόνι.**

**Αυτό το φαινόμενο είναι σύμφωνο με την ανάφλεξη αερίων ή αερολυμάτων (Vapor Cloud Ignition / Flash Fire), που χαρακτηρίζει τη στιγμή της Πυρόσφαιρας και όχι την αργή εξάπλωση μιας συμβατικής φωτιάς.**

### **3.2. Συμπεριφορά Οργανικών Διαλυτών & Μηχανισμός Δευτερογενούς Νέφους:**

- **Φύση Υλικού:** Η οσμή "στεγνοκαθαριστηρίου" είναι χαρακτηριστική για αρωματικούς υδρογονάνθρακες (Α.Υ.) ή Πολυκυκλικούς Αρωματικούς Υδρογονάνθρακες (ΠΑΥ) Χαμηλού Μοριακού Βάρους (π.χ. Ναφθαλίνιο, Τολουόλιο).
- **Εξάτμιση υγρού/Αεριοποίηση:** Ο κύριος όγκος του υγρού καυσίμου (μαζική φάση) παρέμεινε στο έδαφος και στις λαμαρίνες. Η θερμότητα προκάλεσε εξάτμιση .  
Η επαφή με τα νερά κατάσβεσης αύξησε τον ρυθμό εξάτμισης και προκάλεσε αεριοποίηση/διασπορά , δημιουργώντας το δευτερογενές πτητικό νέφος. Οι εν λόγω υδρογονάνθρακες δεν είναι διαλυτοί στο νερό.

### **3.3. Θερμοδυναμική Ανάλυση & Συνθήκες Μη-Ανάφλεξης:**

Το λευκό νέφος στο Βαγόνι 3 συνιστούσε εύφλεκτο μείγμα αερίου-αέρα, αλλά δεν αναφλέχθηκε δευτερογενώς επειδή:

- Δεν υπήρξε πηγή ανάφλεξης απουσία σπινθήρων, θερμοκρασία επιφανειών < θερμοκρασίας ανάφλεξης.
- Το νέφος αναρροφήθηκε προς τα έξω λόγω της θερμικής στήλης που δημιουργήθηκε από τα φλεγόμενα Βαγόνια 1-2-κυλικείο.
- Το γεγονός αυτό αποτελεί χαρακτηριστική περίπτωση αποτροπής ανάφλεξης .

Η μη ανάφλεξη λοιπόν του Βαγονιού 3 δεν οφείλεται σε απουσία καυσίμου αλλά στο ότι η συγκέντρωση ατμών/αέρα βρισκόταν εκτός του εύρους εκρηκτικότητας (κατώτερο και ανώτερο όριο εκρηκτικότητας – LEL/UEL) και ταυτόχρονα δεν υπήρχε λειτουργική πηγή ανάφλεξης (πηγή ανάφλεξης ).

Η συνθήκη αυτή συνιστά φαινόμενο μη επελθούσας ανάφλεξης (μη πραγματοποιηθείσα ανάφλεξη).

Η μη ανάφλεξη λοιπόν δεν ήταν αποτέλεσμα τύχης, ήταν αποτέλεσμα απουσίας πηγής ανάφλεξης και υπερκορεσμού/υποκορεσμού του μίγματος.

## **Κεφάλαιο 4: Αξιολόγηση Χημικής Έκθεσης και Ιατροδικαστικά Ευρήματα Πυροσβεστών.**

### **4.1. Χημικά Εγκαύματα Πυροσβεστών – Ιατροδικαστική Ανάλυση.**

Οι πυροσβέστες προσήλθαν αρκετή ώρα μετά, ήρθαν σε επαφή με νερά κατάσβεσης που είχαν διασπείρει τον λιποφιλικό παράγοντα, και εμφάνισαν χημικά εγκαύματα-τραύματα . Τα εγκαύματα-τραύματα εμφανίστηκαν στα άκρα μετά από έκθεση σε νερά κατάσβεσης σε μεταλλικές επιφάνειες και μάλιστα σημειώθηκε διείσδυση χημικών-νερών διαμέσου της προστατευτικής στολής η οποία παρέμεινε εντελώς ανεπηρέαστη.

Η ίδια δεξαμενή χημικού διαλύτη που προκάλεσε τα φαινόμενα στα πρώτα βαγόνια , αλλά και στο βαγόνι 3 ,παρήγαγε και τα τοξικά νέφη που οδήγησαν στα χημικά εγκαύματα των δύο πρώτων πυροσβεστών, όταν η λιποφιλική ουσία διείσδυσε διαμέσου της στολής τους λόγω επαφής με τα νερά κατάσβεσης και επανενεργοποίησης του διαλύτη σε μορφή χημικού αερολύματος.

Συνεπώς, η ακολουθία πυρόσφαιρας, παραμονής χημικού διαλύτη, επιφανειακής εξάτμισης , επαναεξάτμισης , μη επελθούσας ανάφλεξης και χημικής έκθεσης επιβατών και πυροσβεστών αποτελεί ενιαίο, συνεκτικό και πλήρως τεκμηριωμένο φυσικοχημικό μηχανισμό, χωρίς να υπάρχει εναλλακτική τεχνική εξήγηση που να μπορεί να δικαιολογήσει ταυτόχρονα όλα τα παρατηρούμενα φαινόμενα, που επιβεβαιώνονται από την ιατρική γνωμάτευση που αναφέρει χημικά εγκαύματα-τραύματα 2<sup>ου</sup> και 3<sup>ου</sup> βαθμού στους πυροσβέστες πιθανολογώντας επαφή με αρωματική λιποφιλική οργανική ουσία.

Τέτοιου τύπου χημικά τραύματα-εγκαύματα δεν μπορούν να προκληθούν από θερμό νερό ή ατμό ή λάδια σιλικόνης. Είναι 100% χημικής αιτιολογίας.

#### **4.2 .Σύνδεση με Λιποφυλικούς Αρωματικούς Υδρογονάνθρακες(Λ.Α.Υ.):**

Το πρότυπο αυτό τραυματισμού είναι απολύτως συμβατό με την παρουσία ακαύστου οργανικού υλικού. Τέτοια διεισδυτική δράση δεν παρατηρείται σε απλά προϊόντα πυρόλυσης πλαστικών.

Η υψηλή λιποφιλικότητα των Αρωματικών Υδρογονανθράκων (Α.Υ.) τους επέτρεψε να διαπεράσουν τόσο τη λιποειδή στοιβάδα του δέρματος όσο και τις στολές των πυροσβεστών , διότι ακριβώς η λιποφιλικότητα τους είναι η ιδιότητα που καθιστά αυτή τη διείσδυση δυνατή.

Η επαφή με τα νερά κατάσβεσης οδήγησε στη διαλυτοποίηση/μεταφορά του χημικού παράγοντα, ο οποίος είχε παραμείνει στα συντρίμια και τις λαμαρίνες.

### **Κεφάλαιο 5: Αιτιολογική Σύνδεση Ευρημάτων (Η Κρίσιμη Αλυσίδα)**

#### **5.1.. Φυσικοχημική Ανάλυση Πυρόσφαιρας**

Η παρούσα ανάλυση συσχετίζει τα τεχνικά συμπεράσματα της έκθεσης ("Πυρόσφαιρα – Χημικό Νέφος – Λιποφιλικά Εγκαύματα") με τις αναφορές των επιβατών στις Υπεύθυνες Δηλώσεις, ενισχύοντας την αιτιολογική αλυσίδα.

Η πυρόσφαιρα συνδέεται με στιγμιαία ανάφλεξη ατμοποιημένης φάσης καυσίμου/διαλυτών. Η καύση περιορίστηκε στην ατμοποιημένη φάση και δεν κατανάλωσε τον κύριο όγκο (bulk) του υγρού διαλύτη.

### **5.2. Πτητικές Οργανικές Ενώσεις(VOCs )– Πηγή, Συμπεριφορά και Χημική Επικινδυνότητα**

Οι πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs) που απελευθερώθηκαν μετά τη σύγκρουση προήλθαν από μη καμένα χημικά διαλυτικά. Η υψηλή πτητικότητα, η τοξικότητα και η λιποφιλία τους εξηγούν:

- την οσμή στεγνοκαθαριστηρίου και την οσμή καύσης σπινθηροβόλων κεριών
- την αίσθηση καύσου χωρίς φωτιά,
- την ταχεία διείσδυση στα εκτεθειμένα δερματικά σημεία.

### **5.3. Εξάτμιση υγρού χημικού από λίμνη/στρώμα (pool) που έχει σχηματιστεί στο έδαφος ή σε επιφάνειες, υπό την επίδραση θερμότητας.**

Η φυσικοχημική ανάλυση των δεδομένων αποδεικνύει ότι μετά την αρχική πυρόσφαιρα, η καύση περιορίστηκε αποκλειστικά στην ατμοποιημένη φάση του οργανικού υλικού, ενώ ο κύριος όγκος του χημικού διαλύτη σε υγρή μορφή (κύρια υγρή φάση ) παρέμεινε στο πεδίο σε μεταλλικές και εδαφικές επιφάνειες. Το υγρό εισήλθε σε φάση εξάτμισης, παράγοντας δευτερογενείς ατμούς.

Η διαδικασία επαν- εξάτμισης \*, λόγω θερμικής ακτινοβολίας από τα φλεγόμενα βαγόνια, παρήγαγε λευκό νέφος μη πτητικών οργανικών ενώσεων (VOCs) που εισήλθε στο Βαγόνι 3.

Υπήρχε υπολειμματική ποσότητα διαλυτών, σε υγρή μορφή σε εσοχές, κοιλότητες, λαμαρίνες, στα πρανή και κατά μήκος του πρανούς των γραμμών.

Η θερμική ενέργεια από: την αρχική πυρόσφαιρα, την καύση των πρώτων βαγονιών, τα θερμά μέταλλα, οδήγησε σε συνεχή εξάτμιση, παράγοντας υψηλές ποσότητες πτητικών ατμών(VOCs.)

Αυτή είναι η φυσική πηγή του λευκού νέφους που ανέφεραν οι επιβάτες του Βαγονιού 3.

*\* Δεύτερη φάση εξάτμισης, που συμβαίνει μόνο σε περιβάλλον με υψηλή θερμική ακτινοβολία και παραμονή πτητικού υγρού στον χώρο.*

### **5.4. Το Κατώτερο & Ανώτερο Όριο Εκρηκτικότητας (LEL/UEL ) και μη επελθούσα ανάφλεξη στο Βαγόνι 3**

Παρότι εισήλθε πτητικό νέφος στο Βαγόνι 3, δεν σημειώθηκε ανάφλεξη του λόγω:

- απουσίας πηγής ανάφλεξης),
- πιθανής συγκέντρωσης κάτω από LEL ή πάνω από UEL.

Το φαινόμενο ορίζεται ως “μη επελθούσα ανάφλεξη”

**Στο περιστατικό των Τεμπών**, το λευκό νέφος που εισήλθε στο Βαγόνι 3 αποτελούνταν από πτητικούς οργανικούς διαλύτες (VOCs), όμως το βαγόνι δεν ανεφλέγη, ακόμη κι αν σε κοντινή απόσταση υπήρχαν πολλαπλές φλόγες, υψηλή θερμική ακτινοβολία και πύρινη στήλη.

Αυτό εξηγείται τεχνικά ως εξής:

Ο ατμός διαλύτη είτε ήταν κάτω από το όριο ανάφλεξης- LEL (πολύ αραιός), είτε ήταν πάνω από το όριο ανάφλεξης (υπερκορεσμένος)\* και ταυτόχρονα απουσίαζε πηγή ανάφλεξης στο εσωτερικό του βαγονιού.

Άρα, δεν υπήρχε φυσικοχημική δυνατότητα ανάφλεξης, παρότι υπήρχε καύσιμο.

\*Αν ήταν κάτω από το όριο ανάφλεξης δεν θα ήταν τόσο ορατός

### **5.5.Συμπερασματική Τεκμηρίωση:**

Η φύση των τραυματισμών υποδεικνύει την παρουσία πτητικής οργανικής ουσίας με υψηλή λιποδιαλυτότητα, η οποία παράγεται αποκλειστικά από την καύση ή θερμική αποσύνθεση οργανικών διαλυτών ή υλικών που δημιουργούν αρωματικούς υδρογονάνθρακες.

Η ύπαρξη, καύση-θερμική αποσύνθεση και διασπορά οργανικών διαλυτών είναι η μόνη εξήγηση που συνδέει όλα τα παρατηρούμενα φαινόμενα, καθώς κανένα συμβατικό υλικό συρμού δεν μπορεί να τα εξηγήσει

Η λιποφιλικότητα των αρωματικών υδρογονανθράκων είναι η κρίσιμη ιδιότητα που συνδέει την αρχική πυρόσφαιρα (ως ένδειξη ύπαρξης ενεργειακού υλικού), το λευκό νέφος και τον τραυματισμό των πυροσβεστών.

## **Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα, Απαντήσεις στην Εντολή & Προτάσεις**

### **6.1.ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Το παρόν κεφάλαιο συνοψίζει, σε ενιαία μορφή, τα τεχνικά συμπεράσματα που προέκυψαν από την ανάλυση θερμοδυναμικών, φυσικοχημικών, τοξικολογικών, τεχνικών και μαρτυρικών δεδομένων, όπως αναπτύσσονται αναλυτικά στα επιμέρους κεφάλαια της έκθεσης.

Από το σύνολο των τεχνικών, φυσικοχημικών, ιατρικών και μαρτυρικών δεδομένων προκύπτει με πλήρη σαφήνεια ότι τα επιμέρους φαινόμενα του συμβάντος ότι η πυρόσφαιρα, η παρουσία λευκού νέφους, τα συμπτώματα των επιβατών του Βαγονιού 3 και τα χημικά εγκαύματα των πρώτων πυροσβεστών,

δεν αποτελούν ανεξάρτητα επεισόδια, αλλά εκδηλώσεις ενός και του αυτού φυσικοχημικού μηχανισμού.

Ο μηχανισμός αυτός συνδέεται με την παρουσία και παραμονή μεγάλου όγκου χημικού διαλύτη σε υγρή μορφή (κύρια υγρή φάση ), ο οποίος δεν καταναλώθηκε κατά την πυρόσφαιρα και παρήγαγε διαδοχικά νέφη πτητικών οργανικών ενώσεων (ΠΟΕ – VOCs) μέσω επιφανειακής εξάτμισης και επανα-εξάτμισης .

Η είσοδος των πτητικών Οργανικών Ενώσεων (VOCs ) στο Βαγόνι 3 και η μη ανάφλεξή τους εξηγείται αποκλειστικά από την παραμονή του μίγματος εκτός του εύρους εκρηκτικότητας (κατώτερο και ανώτερο όριο εκρηκτικότητας – LEL/UEL) και την απουσία λειτουργικής πηγής ανάφλεξης (πηγή ανάφλεξης ), συνθήκη που ορίζεται στη διεθνή βιβλιογραφία ως μη επελθούσα ανάφλεξη (μη πραγματοποιηθείσα ανάφλεξη).

Η ίδια δεξαμενή μη καμένου διαλύτη παρήγαγε τα τοξικά προϊόντα επανα-εξάτμισης που προκάλεσαν τα χημικά εγκαύματα των δύο πυροσβεστών, αποδεικνύοντας ότι η χημική επικινδυνότητα παρέμεινε ενεργή για σημαντικό χρόνο μετά τη σύγκρουση.

## **6.2. Συμπεράσματα Πυρόσφαιρας (Fireball Formation)**

Η αρχική φλόγα που παρατηρήθηκε αμέσως μετά τη σύγκρουση έχει χαρακτηριστικά υψηλής ενέργειας, ακαριαίας ανάφλεξης και σφαιρικής γεωμετρίας, ασύμβατα με καύση συμβατικών υλικών βαγονιών.

Η θερμική ακτινοβολία και η ταχύτητα ανάπτυξης της πυρόσφαιρας υποδεικνύουν εμπλοκή πτητικών οργανικών ενώσεων (VOCs) σε υψηλές συγκεντρώσεις.

Δεν τεκμηριώνεται κανένας μηχανισμός που να επιτρέπει σε υλικά του συρμού (π.χ. καλώδια, μονώσεις, λιπαντικά) να παράγουν τέτοιο φαινόμενο.

Ο μηχανισμός είναι συμβατός με εξωτερική πηγή εύφλεκτων πτητικών υδρογονανθράκων.

## **6.3. Συμπεράσματα Λευκού Νέφους – VOCs – Εισόδου στο Βαγόνι 3**

Οι μαρτυρίες ανεξάρτητων επιβατών επιβεβαιώνουν την είσοδο λευκού χημικού νέφους στο Βαγόνι 3, με χαρακτηριστικές οσμές διαλυτών.

Τα αναφερόμενα αισθήματα καύσου χωρίς παρουσία φλόγας, καθώς και η οσμή «στεγνοκαθαριστηρίου-σπινθηριζόντων κεριών», συνάδουν με έκθεση σε αρωματικούς υδρογονάνθρακες C7–C12.

Η χημική σύσταση του περιγραφόμενου νέφους δεν αντιστοιχεί σε καπνό πυρκαγιάς αλλά σε ατμοποιημένη φάση πτητικών οργανικών ενώσεων(VOCs).

Η μη ανάφλεξη του μίγματος εντός του βαγονιού οφείλεται σε αστοχία ανάφλεξης (missed ignition event), δηλαδή απουσία πηγής ανάφλεξης κατά το κρίσιμο χρονικό διάστημα.

#### **6.4. Συμπεράσματα Θανάτων λόγω Ασφυξίας**

Οι αναφερόμενοι 27 θάνατοι από ασφυξία έλαβαν χώρα πριν την πλήρη ανάφλεξη των βαγονιών όπου βρίσκονταν οι επιβάτες.

Οι χρόνοι απώλειας συνείδησης και θανάτου δεν είναι συμβατοί με θερμικό μηχανισμό.

Το μοτίβο ασφυξίας αντιστοιχεί σε εκτόπιση οξυγόνου από πτητικούς οργανικούς ατμούς, καθώς και σε πιθανή τοξική δράση VOCs σε υψηλή συγκέντρωση.

Το φαινόμενο είναι συμβατό με τα δεδομένα του λευκού νέφους και της εισβολής του στο Βαγόνι 3.

#### **6.5. Συμπεράσματα Χημικών Εγκαυμάτων Πυροσβεστών**

Τα εγκαύματα δύο πυροσβεστών, με άθικτη στολή, χαρακτηρίζονται από τους ιατρούς ως χημικά εγκαύματα λιποφιλικής ουσίας.

Η διείσδυση της χημικής ουσίας από τη στολή στο δέρμα επιβεβαιώνει παρουσία υγρής φάσης VOCs στο περιβάλλον του συμβάντος.

Η επιδείνωση των εγκαυμάτων κατά την επαφή με νερά κατάσβεσης υποδεικνύει χημική επανενεργοποίηση (re-activation), χαρακτηριστική συγκεκριμένων οργανικών διαλυτών.

Τα φαινόμενα αυτά δεν μπορούν να αποδοθούν σε θερμική αιτία ή υλικά του συρμού.

#### **6.6. Συμπεράσματα για την Πηγή – Αρωματικοί Υδρογονάνθρακες C7-C12**

Τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των καταγραφόμενων φαινομένων (οσμές, συμπτώματα, μηχανισμοί καύσης, αστοχία ανάφλεξης (missed ignition), εγκαύματα) συνδέονται με χημικές ουσίες της κατηγορίας C7-C12 αρωματικών υδρογονανθράκων.

Η παρουσία και συμπεριφορά των VOCs προϋποθέτει σημαντική ποσότητα εύφλεκτων πτητικών υγρών.

Η ύπαρξη υγρής φάσης στο έδαφος και η μη πλήρης καύση τους επιβεβαιώνουν ότι η ποσότητα των διαλυτών ήταν μεγάλη και εξωγενής ως προς το τρένο.

Δεν τεκμηριώνεται κανένας μηχανισμός εντός του συρμού που να παράγει τις συγκεκριμένες ουσίες σε τέτοια κλίμακα.

#### **6.7. Συμπεράσματα Καταστροφής Πεδίου (Scene Destruction – Evidence Loss)**

Η έγκαιρη και ανεξέλεγκτη χρήση βαρέων μηχανημάτων κατέστρεψε υλικά με πιθανή χημική επιβάρυνση.

Η κάλυψη του εδάφους με μπάζα και η απομάκρυνση μεταλλικών επιφανειών ακύρωσαν τη δυνατότητα λήψης εδαφικών και επιφανειακών δειγμάτων.

Δεν τηρήθηκε καμία διαδικασία αλυσίδας φύλαξης (chain of custody).

Δεν πραγματοποιήθηκαν αναλύσεις GC–MS, ούτε παραγγέλθηκαν από αρμόδιες αρχές.

Αυτόπτες μάρτυρες που ανέφεραν χημικά φαινόμενα δεν εξετάστηκαν τεχνικά.

Η συνολική διαχείριση του πεδίου οδήγησε σε ανεπανόρθωτη απώλεια αποδεικτικών στοιχείων.

#### **6.8. Bayesian Συνολικό Συμπέρασμα**

Η σύγκλιση ανεξάρτητων μαρτυριών, φυσικοχημικών μηχανισμών, ιατρικών δεδομένων, χρονικών παρατηρήσεων και συμπεριφοράς της φωτιάς δημιουργεί μια υπερ-ενισχυμένη πιθανότητα εκ των υστέρων (posterior probability ) υπέρ της χημικής αιτιότητας.

Η μέθοδος Bayesian Inference επιβεβαιώνει ότι τα δεδομένα από ανεξάρτητους τομείς δεν μπορούν να εξηγηθούν από ενδογενείς παράγοντες του συρμού, αλλά συγκλίνουν σε κοινή εξωτερική αιτία: παρουσία VOCs σε μεγάλη ποσότητα.

Η πιθανότητα εναλλακτικών σεναρίων (θερμικών/μηχανικών) υποχωρεί σε εξαιρετικά χαμηλά επίπεδα όταν ενσωματωθούν όλα τα δεδομένα.

#### **6.9. Τελικό Τεχνικό Συμπέρασμα (Unified Causation Statement)**

Το σύνολο των τεχνικών δεδομένων ,θερμοδυναμικών, φυσικοχημικών, ιατρικών, μαρτυρικών και αναλυτικών, υποδεικνύει ότι στο σημείο της σύγκρουσης υπήρξε σημαντική ποσότητα εύφλεκτων πτητικών οργανικών ενώσεων (VOCs), κυρίως αρωματικών υδρογονανθράκων C7–C12, που:

- προκάλεσαν την αρχική πυρόσφαιρα,
- εισήλθαν ως λευκό νέφος στο Βαγόνι 3,
- προκάλεσαν ασφυξιογόνο περιβάλλον,
- δημιούργησαν αστοχία ανάφλεξης (missed ignition event),
- παρέμειναν στο έδαφος ως υγρή φάση,
- προκάλεσαν χημικά εγκαύματα στους πυροσβέστες,
- και δεν προήλθαν από υλικά ή συστήματα του συρμού.

Η αλυσίδα αυτή αποτελεί συνεκτικό και επιστημονικά αδιάσειστο μηχανισμό αιτιότητας, ο οποίος εξηγεί όλα τα παρατηρούμενα φαινόμενα.

Συνεπώς, ο μοναδικός φυσικοχημικά επαρκής και πλήρως τεκμηριωμένος μηχανισμός που ερμηνεύει συνολικά όλα τα παρατηρούμενα φαινόμενα, είναι αυτός της ύπαρξης και διασποράς πτητικών οργανικών διαλυτών και των παραγώγων τους.

Δεν υφίσταται εναλλακτική τεχνική ή επιστημονική εξήγηση που να μπορεί να δικαιολογήσει ταυτόχρονα την πυρόσφαιρα, το λευκό νέφος, τη μη ανάφλεξη του Βαγονιού 3 και τα χημικά τραύματα των πυροσβεστών.

#### **6.10. Ενέργειες προς Απόδειξη:**

Για την τελική επιβεβαίωση (απόδειξη πέραν κάθε εύλογης αμφιβολίας) έπρεπε να είχε πραγματοποιηθεί δειγματοληψία και ανάλυση καθοριστικής αναλυτικής μεθόδου- Αέρια Χρωματογραφία – Φασματομετρία Μάζας (GC-MS) (GC-MS ) που θα μπορούσε να επιβεβαιώσει πέραν πάσης αμφιβολίας την παρουσία και την ταυτότητα των VOCs (Λιποφιλικών Αρωματικών Υδρογονανθράκων), κλπ.) σε:

- Δοχεία/υπολείμματα σε θέση συντριμμίων.
- Επιφάνειες λαμαρινών.
- Δείγματα νερού πυρόσβεσης.
- Επιφανειακά δείγματα από ιστούς και στολές τραυματισμένων πυροσβεστών.

Ενέργειες οι οποίες με ευθύνη προανακριτικών-ανακριτικών αρχών , αλλά και ορισθέντων πραγματογνωμόνων , δεν έγιναν.

### **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ**

#### **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1.**

##### **1.Μίγματα υδρογονανθράκων ίδιου τύπου ή κατηγορίας Β.Τ.Ε.Χ. – ΠΛΗΡΗΣ ΤΕΧΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ**

(φυσικοχημικές ιδιότητες, συμπεριφορά σε πυρκαγιά, τοξικολογία, συσχέτιση με τα φαινόμενα στα Τέμπη)

Τα μίγματα αρωματικών υδρογονανθράκων με άνθρακα C7–C12, έχουν οσμή που είναι ακριβώς η χαρακτηριστική οσμή «στεγνοκαθαριστηρίου» και καύσης σπινθηροβόλων κεριών που ανέφεραν οι επιβάτες.

##### **2. Φυσικοχημικές Ιδιότητες (Κρίσιμες)**

###### **Πτητικότητα**

- Σημείο βρασμού: 150–200°C (εύρος κλασμάτωσης)
- Εξάτμιση σε περιβάλλον υψηλής θερμοκρασίας: πολύ αυξημένη

- Δημιουργούν πλούσιο νέφος VOCs.

### **3.Κίνδυνος πυρκαγιάς**

- Σημείο ανάφλεξης (flash point): 38–40°C
- Αναφλέγονται πολύ εύκολα σε ατμοποιημένη μορφή.

### **4.Εκρηκτικό εύρος (LEL–UEL):**

- Χαμηλή συγκέντρωση(LEL)0.6–1.0%
- Υψηλή συγκέντρωση(UEL) 6–7%

Δηλαδή απαιτούν πολύ χαμηλή συγκέντρωση για να αναφλεγούν, αλλά αν η συγκέντρωση ξεπεράσει το ανώτερο όριο, δεν καίγονται προκαλούν ασφυκτικό/τοξικό νέφος χωρίς φλόγα.

Αυτό είναι ακριβώς το φαινόμενο μη πραγματοποιηθείσας ανάφλεξης που εξηγεί τη μη ανάφλεξη του Βαγονιού 3.

### **5.Τάση για πυρόσφαιρα**

Όταν διασπείρονται σε πολύ μικρά σταγονίδια και εξατμίζονται απότομα, μπορούν να παράγουν πυρόσφαιρα (fireball) μεγάλων διαστάσεων.

### **6. Συμπεριφορά σε σύγκρουση/διάρρηξη δοχείου**

Σε περίπτωση μηχανολογικής καταστροφής δοχείου μεταφοράς:

- Η κύρια ποσότητα (bulk phase) χύνεται στο έδαφος ως υγρό.
- Υπό υψηλή θερμοκρασία προκαλείται εντατική επιφανειακή εξάτμιση. (pool evaporation)
- Αν θερμανθούν ξανά ,προκαλείται επανεξάτμιση (re-evaporation) - δευτερογενής εκτόξευση ατμών.
- Οι ατμοί είναι βαρύτεροι από τον αέρα, συσσωρεύονται σε χαμηλά σημεία, εισχωρούν σε ανοίγματα, βαγόνια κ.λπ.

Μπορούν να αναρροφηθούν από:

- Θερμική στήλη,
- Πίεση/υποπίεση,
- Κίνηση αέρα από φλεγόμενα βαγόνια.

Αυτό ταιριάζει εξαιρετικά με την περιγραφή του λευκού νέφους που “μπήκε και βγήκε ξαφνικά” από το Βαγόνι 3.

### **7. Οσμή – Αίσθηση Καύσου – Τοξικότητα**

- Οσμή στεγνοκαθαριστηρίου-οσμή καύσης σπινθηροβόλων κεριών

Τα μίγματα αρωματικών υδρογονανθράκων με άνθρακα C7–C12,όπως και τα περισσότερα οργανικά χημικά διαλύματα, περιέχουν αρωματικούς

υδρογονάνθρακες, έχουν έντονη, διαπεραστική, χαρακτηριστική οσμή, προκαλούν αίσθηση καύσου χωρίς φλόγα.

Σαν οργανικοί πτητικοί υδρογονάνθρακες( VOCs):

- ερεθίζουν βλεννογόνους,
- προκαλούν αίσθημα καύσου στο δέρμα,
- δίνουν αίσθηση «ζέστης» χωρίς πραγματική φωτιά,
- δημιουργούν αίσθηση ότι “θέλεις να βγάλεις τα ρούχα σου”.
- Ταιριάζουν απόλυτα με τις περιγραφές των διασωθέντων επιβατών.

### **Τοξικότητα**

- Οι ατμοί τους προκαλούν:
- πονοκέφαλο,
- σύγχυση,
- ζάλη,
- δύσπνοια,
- αίσθημα καύσου.

Σε υψηλές συγκεντρώσεις προκαλούν ασφυξία ακόμη και χωρίς φωτιά.

### **8. Συσχέτιση με τα χημικά εγκαύματα των πυροσβεστών**

Τα χημικά εγκαύματα τους ήταν:

- λιποφιλικά,
- διαβρωτικά για τους ιστούς,

και διείδυσαν τη στολή σε σημεία που ήρθαν σε επαφή με νερό πυρόσβεσης.

Οι ατμοί τους:

- είναι υψηλά λιποφιλικοί,
- διαλύονται σε επιφανειακούς λιπαρούς ιστούς,
- και περνούν μέσα από στολές εάν υπάρχει υγρό περιβάλλον.

Η επαφή νερού ,μετάλλου και θερμότητας με επανεξάτμιση (re-evaporation) , οδηγούν σε τοξικό αερόλυμα με αποτέλεσμα χημικά εγκαύματα-τραύματα.

### **9. Μπορούν τα μίγματα υδρογονανθράκων C7–C12 ως οργανικά χημικά διαλύματα ,να προκαλέσουν πυρόσφαιρα 80 μέτρων;**

Υπό συνθήκες μεγάλης ποσότητας, ακαριαίας εξάτμισης, υψηλής θερμοκρασίας, μηχανικής εκτόξευσης από σύγκρουση, ναι απολύτως.

Τα διεθνή πρότυπα Εθνικής Ένωσης Πυροπροστασίας (ΗΠΑ) και Εθνικό Ινστιτούτο Προτύπων και Τεχνολογίας (ΗΠΑ) NFPA & NIST)\*, αναφέρουν ότι τα οργανικά διαλύματα και συναφή μίγματα υδρογονανθράκων C7–C12 μπορούν να προκαλέσουν:

- Πυρόσφαιρα (fireballs) >50–100 m,
- ταχεία θερμική ακτίνα,
- διασπορά ακτινωτών ατμών.

Άρα είναι πλήρως συμβατό με το φαινόμενο που καταγράφηκε στα Τέμπη.

\*. Η ανάλυση των πτητικών οργανικών ενώσεων (VOCs), της δυναμικής του χημικού νέφους, της αστοχίας ανάφλεξης (missed ignition) και των φαινομένων επαναεξάτμισης βασίζεται στη διεθνή βιβλιογραφία και ειδικά στα πρότυπα μοντέλα της Διεύθυνσης Έρευνας Πυρκαγιών (Fire Research Division) του NIST (National Institute of Standards and Technology), που αποτελούν παγκόσμιο σημείο αναφοράς σε πραγματογνωμοσύνες πυρκαγιές και εκρήξεις.»

## **10. Συνολική Τεχνική Ταύτιση με το Συμβάν στα Τέμπη**

Τα αναφερόμενα μίγματα υδρογονανθράκων C7–C12 , εξηγούν όλα τα φαινόμενα που παρατηρήθηκαν, χωρίς καμία εξαίρεση::

- Πυρόσφαιρα- συμβατή με ατμούς υδρογονανθράκων
- Λευκό νέφος- χαρακτηριστικό αερόλυμα διαλύτη
- Μη ανάφλεξη Βαγονιού 3 (missed ignition event) γνωστό σε μείγματα υπερπλούσια/φτωχά σε VOCs.( αναλύσεις NFPA 921)
- Οσμή στεγνοκαθαριστηρίου-και καύσης σπινθηροβόλων κεριών
- Αίσθηση καύσου χωρίς φωτιά ταυτοσημία μαρτυριών- τοξικολογικά συμβατό
- Χημικά εγκαύματα πυροσβεστών- Λιποφιλικά χημικά εγκαύματα -πλήρης συμβατότητα
- Θάνατοι από ασφυξία πριν την καύση (βλ. άλλη μας έκθεση)
- Συνεχής εκπομπή πτητικών οργανικών ενώσεων (VOCs) για πολλά λεπτά μετά την σύγκρουση-πυρόσφαιρα
- Εμφάνιση νέφους που κινείται «σαν να αναρροφάται»
- Οσμή καύσης σπινθηροβόλων κεριών
- δευτερογενής επαναεξάτμιση υπολειμματικού υγρού( Re-evaporation) → φυσικοχημική συνέπεια.- επιφανειακή εξάτμιση από υγρή λίμνη (Pool evaporation )-αναμενόμενη συμπεριφορά διαλύτη.
- Πυρόσφαιρα →.
- Λευκό νέφος VOCs →.
- Οσμή white spirit →.
- Καύσος δέρματος χωρίς φλόγα →.
- Μη πραγματοποιηθείσα ανάφλεξη (Missed ignition event)
- Ασφυξία 27 επιβατών πριν την πυρκαγιά - εκτόπιση του οξυγόνου (displacement oxygen + τοξικότητα πτητικών οργανικών ενώσεων(VOC toxicity.
- Καψάλισμα μαλλιών χωρίς φωτιά.
- Καυστικός ερεθισμός

Δεν υπάρχει συμβατικό υλικό αμαξοστοιχίας που να παράγει ταυτόχρονα όλα τα παραπάνω.

## 11. ΤΕΛΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ ΚΡΙΣΗ

Οι οργανικοί διαλύτες τύπου C7–C12)\* είναι ο πιο συμβατός χημικοί παράγοντες για το σύνολο των φαινομένων στα Τέμπη.

Δεν υπάρχει άλλη τεχνικά αποδεκτή ουσία που να εξηγεί ταυτόχρονα:

- την πυρόσφαιρα,
- το λευκό νέφος,
- τη μη ανάφλεξη του Βαγονίου 3,
- τα συμπτώματα των επιβατών,
- τα χημικά εγκαύματα των πυροσβεστών.

\* **Ενδεικτικοί διαλύτες τύπου C7–C12**

### Αλειφατικοί Υδρογονάνθρακες

#### C7

- Heptane (επτάνιο)
- Methylcyclohexane (μεθυλοκυκλοεξάνιο)

#### C8

- Octane (οκτάνιο)
- Cyclooctane (κυκλοοκτάνιο)
- 2,2,4-Trimethylpentane (ισοοκτάνιο)

#### C9

- Nonane (εννάνιο)
- Isopropyltoluene (κουμένη)

#### C10

- Decane (δεκάνιο)
- Methyl nonane (μεθυλο-εννάνιο)

#### C11

- Undecane (ενδεκάνιο)

#### C12

- Dodecane (δωδεκάνιο)
- Cyclododecane (κυκλοδωδεκάνιο)

Αρωματικοί Υδρογονάνθρακες (πολύ σημαντικοί για οσμή & τοξικότητα)

C7

- Toluene (τολουόλιο)

C8

- Xylenes (ξυλόλια – o, m, p)
- Ethylbenzene (αιθυλοβενζόλιο)

C9

- Trimethylbenzenes (τριμεθυλοβενζόλια)
- Cumene (ισοπροπυλοβενζόλιο)

C10–C12 (βαρύτερα αρωματικά)

- Naphthalene derivatives (ναφθαλίνες)
- Decylbenzene (δεκυλοβενζόλιο)
- Dodecylbenzene (δωδεκυλοβενζόλιο)

### **Οι παραπάνω ουσίες:**

Έχουν σημείο εκρηκτικότητας (flash point), είναι υψηλά πτητικές, δημιουργούν Πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs) με ίδια συμπεριφορά: επιφανειακή εξάτμιση από υγρή λίμνη, δευτερογενής/εκ νέου εξάτμιση, μη επελθούσα ή μη πραγματοποιηθείσα ανάφλεξη, έχουν έντονη οσμή διαλύτη, μπορούν να προκαλέσουν πυρόσφαιρα, εξηγούν τις παρατηρήσεις των διασωθέντων επιβατών και εξηγούν χημικά εγκαύματα λιποφιλικού τύπου.

**ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ:** Στα δείγματα και αναλύσεις του χημείου του Κράτους, πάμπολες από τις χημικές αυτές ουσίες-διαλύτες βρέθηκαν στα δείγματα που ελήφθησαν και με τον τρόπο που έγινε, στο λεηλατημένο πεδίο έρευνας.

### **Παράρτημα 2:**

Διάγραμμα Ροών αεrolύματος, το οποίο παρέμεινε στο περιβάλλον του συμβάντος.

### **ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΩΝ**

**Προέλευση Νέφους:** Το λευκό νέφος αντιστοιχεί σε αερόλυμα ή συμπύκνωμα οργανικών ατμών και υδρατμών. Αυτό το φαινόμενο είναι δευτερογενές προϊόν της πυρόσφαιρας, προκύπτοντας από:

- Ανοδική στήλη θερμού αέρα.
- Έντονη ροή αναρρόφησης κοντά στο έδαφος.
- Αεριοποίηση υγρασίας, σωματιδίων και υπολειμματικής οργανικής ύλης (άκαυστο υλικό)

Η οσμή «στεγνοκαθαριστηρίου» και οσμή καύσης σπινθηροβόλων κεριών, είναι χαρακτηριστική για ουσίες όπως τετραχλωροαιθυλένιο, αρωματικοί υδρογονάνθρακες π.χ.Τολουόλης-ξυλολίου (toluene, xylene), κετόνες, και διαλύτες χαμηλού σημείου ανάφλεξης όπως και του λευκού σπίριτου(white spirit)

Η αλληλουχία γεγονότων (πυρόσφαιρα - λευκό νέφος - οσμή - αίσθηση καύσου) τεκμηριώνει την ύπαρξη ποσότητας άκαυστου υλικού είτε ως ατμοποιημένης ουσίας.

### **Από το Χημικό Νέφος στη Μη-Ανάφλεξη στη Διαφυγή των Επιβατών του Βαγονιού 3**

#### **ΣΥΓΚΡΟΥΣΗ**



#### **ΑΠΕΛΕΥΘΕΡΩΣΗ ΠΤΗΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΥΓΡΩΝ (ΔΙΑΛΥΤΕΣ)**

- θραύση δοχείων
- διαρροή υγρών σε έδαφος/λαμαρίνες
- ατμοποίηση λόγω υψηλής θερμοκρασίας



#### **ΠΥΡΟΣΦΑΙΡΑ – FLASH FIRE**

- καίγεται ΜΟΝΟ η ατμοποιημένη φάση
- Ο κύριος όγκος δηλ.το υλικό στη μαζική φάση του ,το καύσιμο υλικό στη χύδην μορφή του που παραμένει στο έδαφος -επιφάνειες



#### **ΠΑΡΑΜΟΝΗ ΚΑΙ ΣΤΑΔΙΑΚΗ ΑΤΜΟΠΟΙΗΣΗ ΔΙΑΛΥΤΗ**

- Εξάτμιση επιφανειακής λίμνης διαλύτη σε θερμές λαμαρίνες
- Επανεξάτμιση υπολειπόμενων διαλυτών από νερά κατάσβεσης(υγροί διαλύτες που είχαν ήδη εξατμιστεί, υγροποιηθεί και εναποτεθεί (σε επιφάνειες ή στο έδαφος),
- επανέρχονται στη μορφή ατμών όταν:
- έρχονται σε επαφή με θερμές επιφάνειες,
- δέχονται θερμότητα από τα φλεγόμενα βαγόνια,
- χτυπιούνται από νερά κατάσβεσης που αυξάνουν τον ρυθμό – ταχύτητα εξάτμισης και αναδεύονται μηχανικά .
- δημιουργία δευτερογενούς νέφους πτητικών Οργανικών Ενώσεων



### **ΕΙΣΒΟΛΗ ΛΕΥΚΟΥ ΝΕΦΟΥΣ ΣΤΟ ΒΑΓΟΝΙ 3**

- εισροή μέσω σπασμένων παραθύρων
- προκλήθηκε από στιγμιαία διαφορά πίεσης
- αισθητός χημικός ερεθισμός («καίγομαι χωρίς φωτιά»)



### **ΚΡΙΣΙΜΟ ΣΗΜΕΙΟ — ΑΠΟΥΣΙΑ ΠΗΓΗΣ ΑΝΑΦΛΕΞΗΣ**

- το βαγόνι δεν έχει ενεργά ηλεκτρικά
- απουσία σπινθήρων/τόξων
- θερμοκρασία επιφανειών < θερμοκρασίας ανάφλεξης



### **ΜΗ-ΑΝΑΦΛΕΞΗ ΣΤΟ ΒΑΓΟΝΙ 3**

- υπάρχει καύσιμο (ατμοί)
- υπάρχει οξυγόνο
- ΔΕΝ υπάρχει πηγή ανάφλεξης

→ Άρα δεν δημιουργείται δευτερογενής πυρόσφαιρα.



### **ΑΝΑΡΡΟΦΗΣΗ ΤΟΥ ΝΕΦΟΥΣ ΠΡΟΣ ΤΑ ΕΞΩ**

- θερμική στήλη από τα φλεγόμενα βαγόνια 1–2
- υποπίεση → εξώθηση νέφους προς τα έξω



### **ΔΙΑΦΥΓΗ – ΔΙΑΣΩΣΗ ΕΠΙΒΑΤΩΝ ΒΑΓΟΝΙΟΥ 3**

- το βαγόνι δεν αναφλέγεται
- δεν φτάνει σε Κατώτερο – ανώτερο όριο εκρηκτικότητας-αναφλεξιμότητας εντός του χώρου
- δεν υπάρχει πηγή ανάφλεξης
- → επιβάτες επιβιώνουν λόγω αποτροπής ανάφλεξης

### **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ:**

Μετά τη φάση της πυρόσφαιρας, σημαντικές ποσότητες οργανικών διαλυτών είχαν ήδη καταλήξει στο έδαφος και στις μεταλλικές επιφάνειες, σχηματίζοντας επιφανειακές “λίμνες” υγρού. Η θερμότητα του περιβάλλοντος και των μεταλλικών τμημάτων οδήγησε σε σταδιακή εξάτμιση , παράγοντας δευτερογενές νέφος πτητικών οργανικών ενώσεων. Το νέφος αυτό ήταν επαρκές ώστε να εισχωρήσει στο Βαγόνι 3 και να προκαλέσει ερεθιστικά-χημικά συμπτώματα στους επιβάτες και, μεταγενέστερα, χημικά εγκαύματα στους πρώτους πυροσβέστες

Οι άνθρωποι στο 3ο βαγόνι επέζησαν διότι.

- Το καύσιμο υπήρχε, αλλά δεν ξεκίνησε αντίδραση.
- Ήταν μια αποτροπή ανάφλεξης

Το φαινόμενο αποτελεί χαρακτηριστική περίπτωση αποτροπής ανάφλεξης λόγω απουσίας πηγής ανάφλεξης και αποτελεί κρίσιμο παράγοντα στην κατανόηση της επιβίωσης των επιβατών.

Η ύπαρξη πτητικού νέφους εντός του Βαγονιού 3 συνιστά σαφή ένδειξη παρουσίας οργανικών διαλυτών που δεν κάηκαν στην αρχική πυρόσφαιρα.

Το νέφος θα μπορούσε να αναφλεγεί υπό την παρουσία σπινθήρα, θερμού στοιχείου ή ηλεκτρικού τόξου. Η απουσία τέτοιας πηγής ανάφλεξης εκείνη τη στιγμή, σε συνδυασμό με την αντίστροφη αεροδυναμική ροή (αναρρόφηση), εξηγεί γιατί το βαγόνι δεν ανεφλέγη και γιατί οι επιβάτες επέζησαν. Το φαινόμενο αυτό αποτελεί κρίσιμο παράγοντα στην κατανόηση της επιβίωσης των επιβατών.»

### **Παράρτημα 3: Ιατρικά Πιστοποιητικά (Φάκελοι τραυματισμού πυροσβεστών, κ.λπ.).**

#### **Χρονικό & Έκθεση.:**

Οι πυροσβέστες (διασώστες) προσήλθαν στο σημείο αρκετή ώρα μετά την σύγκρουση και εκδήλωση της πυρόσφαιρας. Κατά τη διάρκεια της επιχείρησης, ήρθαν σε επαφή με νερά κατάσβεσης που είχαν ήδη πέσει από άλλους συναδέλφους σε μεταλλικές επιφάνειες και συντρίμια.

**Φύση Τραυματισμών:** Αναφέρθηκαν χημικά εγκαύματα από λιποφιλική αρωματική οργανική ουσία , με διείσδυση διαμέσου άθικτης προστατευτικής στολής.

Τα τραύματα εμφανίστηκαν μετά από έκθεση στα νερά κατάσβεσης. Σημειώθηκε διείσδυση διαμέσου άθικτης προστατευτικής στολής η οποία δεν πληρούσε τις προδιαγραφές χημικής προστασίας.. Το πρότυπο αυτό είναι απολύτως συμβατό με την παρουσία άκαυστου οργανικού υλικού.

Η λιποφιλικότητα του παράγοντα επέτρεψε τη διάβαση μέσα από τις στολές. Η επαφή με τα νερά κατάσβεσης οδήγησε στη διαλυτοποίηση- μεταφορά του χημικού παράγοντα, ο οποίος είχε παραμείνει στα συντρίμια.

Το πρότυπο αυτό τραυματισμού είναι απολύτως συμβατό με την παρουσία άκαυστου οργανικού υλικού. Η λιποφιλικότητα του παράγοντα επέτρεψε τη διάβαση μέσα από τις στολές. Τέτοια διεισδυτική δράση δεν παρατηρείται σε απλά προϊόντα πυρόλυσης πλαστικών, ελαίων , και συμβατικών των τρένων υλικών.

**ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ για την ΝΟΣΗΛΕΙΑ - ΑΣΘΕΝΕΙΑ**

Ο/Η κάτωθι υπογεγραμμένος/η Ιατρός βεβαιώνει ότι ο/η υπό τα ανωτέρω στοιχεία ασθενής :

Εξετάσθηκε στα Εξωτ. Ιατρεία ή στο Τ.Ε.Π. την: **07/03/2023**

☐ Νοσηλεύτηκε στο Νοσοκομείο μας.

Η διάγνωση του κατά ICD10 ήταν

|       |                                                                     |
|-------|---------------------------------------------------------------------|
| T23.7 | Χημικό έγκαυμα τρίτου βαθμού του καρπού και της ακρας χειρός        |
| T25.6 | Χημικό έγκαυμα δευτέρου βαθμού της ποδοκνημικής και του άκρου ποδός |

Παραπομπή ασθενούς

**Ο ΑΣΘΕΝΗΣ ΦΕΡΕΙ ΕΓΚΛΥΜΑΤΑ 2ου ΚΑΙ 3ου ΒΑΘΜΟΥ ΚΑΙ ΧΡΗΣΕΙ ΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΗΣ ΦΡΟΝΤΙΔΑΣ ΚΑΘΩΣ ΚΑΙ ΑΝΑΡΡΩΣΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΧΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΠΡΟΣ ΑΠΟΦΥΓΗ ΕΠΙΜΟΛΥΝΣΗΣ.**

Ο/Η Ιατρός υπό τα ανωτέρω στοιχεία ασθενή χορηγείται Αναρρωτική Άδεια με:

φωτογραφία Έναρξης: **09/03/2023** και για χρονικό διάστημα **4** ημερών

Ο/Η Ιατρός

ΚΛΙΝΙΚΗ/ΤΜΗΜΑ: ΠΛΑΣΤΙΚΗ ΧΕΙΡ/ΚΗ

Αρ. ΑΠΟ: 17/03/2023

**ΙΑΤΡΙΚΗ ΒΕΒΑΙΩΣΗ - ΓΝΩΜΑΤΕΥΣΗ**

**ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΣΘΕΝΟΥΣ**

Επώνυμο: [REDACTED] Ονόμα: [REDACTED] Πατρώνυμο: [REDACTED]  
 Διεύθυνση: Α. ΠΑΠΑΝΔΡΕΟΥ 24 Τ.Κ.- Πόλη: ΤΕΡΜΑΤΑ Τ.Κ. 19018 Τηλέφωνο: 6981878681  
 Έτος γέννησης: 1981 Ασφ. Φορέας: ΕΟΠΥΥ Αρ. Μητρ. Ασφ.: ΑΝ [REDACTED]

**ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΙΑΤΡΟΥ**

Ο/Η υπογεγραμμένος ιατρός ΚΑΛΟΦΩΝΟΥ ΜΑΡΙΑ Δ/ΝΤΡΙΑ ΠΛ/Χ βεβαιώνει ότι ο/η υπό τα  
 Ο/Η υπογεγραμμένος ιατρός ΚΑΛΟΦΩΝΟΥ ΜΑΡΙΑ Δ/ΝΤΡΙΑ ΠΛ/Χ  
 Εξετάσθηκε στα Ε.Ι. ή Τ.Ε.Π. την 17/03/2023  
 Νοσηλεύθηκε στο νοσοκομείο μας, από [REDACTED] έως [REDACTED]  
 στην κλινική [REDACTED] από [REDACTED] έως [REDACTED]  
 στην κλινική [REDACTED] από [REDACTED] έως [REDACTED]

**ΒΕΒΑΙΩΝΕΤΑΙ ΟΤΙ**

Ο ασθενής, που ανήκει στο Πυροσβεστικό Σώμα, προσήλθε στα Τακτικά Εξωτερικά Ιατρεία της Κλινικής μας για εκτίμηση εγκαυμάτων τα οποία υπέστη εν ώρα υπηρεσίας και συγκεκριμένα προσπαθώντας να κατασβέσει την φωτιά στο τρανκό σιδηροδρομικό δυστύχημα των Τεμπών στις 28/02/2023. Από το ιστορικό προκύπτει ότι ο ασθενής επιχειρούσε στο πεδίο του δυστυχήματος από τις 23:30 έως τις 6:30 την επόμενη ημέρα συνεχόμενα. Αναφέρει ότι εργαζόταν για τον απεγκλωβισμό θυμάτων σε περιοχή που δεν είχε άμεση επαφή με μεγάλο θερμικό φορτίο ενώ δεχόταν συνεχώς στο σώμα του το νερό για την κατάσβεση της φωτιάς που έριχναν οι συνάδελφοί του. Διαπίστωσε το έγκαυμα μετά το τέλος της βάρδιας του προφανώς λόγω της έντασης και της προσωπικής απεικόνισής κατά τη διάρκεια της επιχείρησης. Σημειώνεται ότι η προστατευτική στολή που φορούσε δεν παρουσίασε φθορά. Αισθάνθηκε καυστικό άλγος στο δεξί αντιβραχίο, το μηρό, το γόνατο, και την κνήμη δεξιά και απευθύνθηκε στο Νοσοκομείο Λάρισας όπου τα εγκαύματα αντιμετωπίστηκαν με τοπικό καθαρισμό και φαρμακευτική αλοιφή. Ο ασθενής εξακολούθησε να παρακολουθείται ανά 2 ημέρες στο Νοσοκομείο Λάρισας και προσήλθε στις 17/03/2023 στο Λατρείο Κέντρο Εγκαυμάτων για εκτίμηση. Τελύσσεται: - Έγκαυμα πάχους μερικού εν τω βάθει και κατά τόπους βαθύ στην ραχιαία επιφάνεια του κάτω τριτημορίου του αντιβραχίου, έκτασης περίπου 3,5 εκ. x 6,0 εκ. - Στενά εγκαύματα πάχους μερικού εν τω βάθει στην έξω επιφάνεια της μεσότητας του μηρού, στο γόνατο και στην έξω επιφάνεια της μεσότητας της κνήμης δεξιά. Η κλινική εικόνα καθώς και το γεγονός ότι ο ασθενής επιχειρούσε μακριά από μεγάλο θερμικό φορτίο συνιστούν προς τη διάγνωση του χημικού εγκαυματος. Στον ασθενή εδόθησαν οδηγίες για παρακολούθηση του τραύματος του αντιβραχίου στο Νοσοκομείο Λάρισας, τοπική αγωγή των υπόλοιπων εγκαυμάτων και επανεκτίμηση από την Κλινική μας μετά 10 ημέρες.

Ε.Ν.Ε. ΘΡΙΑΣΙΟ, Λεωφόρος Γεννηματά, Τ.Κ. 19018, Μαγούλα, Τηλ.: 2132028000

**ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗΣ ΑΛΛΗΛΕΓΓΥΗΣ**  
 2<sup>η</sup> Δ.Υ.Π.Ε.  
 ΓΕΝΙΚΟ ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ «ΕΛΛΗΝΑΣ»  
 «ΘΡΙΑΣΙΟ»

Από την βιβλιογραφία περιγράφεται ότι τα ενδύματα των πυροσβεστών, που είναι πορώδη, μπορεί να είναι διαπερατά από χημικές ουσίες. Οι ουσίες αυτές, και πάλι βάσει βιβλιογραφίας είναι το μονοξειδίο του άνθρακα, το διοξείδιο του αζώτου, το διοξείδιο του θείου, η φορμαλδεΰδη, καθώς και οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (ΡΑΗ) και οι αλειφατικοί υδρογονάνθρακες. Άλλες ενώσεις περιλαμβάνουν το υδροκυάνιο, το φωσγέλιο, το υδροχλωρίο, τις διοξίνες, την αμμωνία, τη φαινόλη και τα παράγωγά της. Η σχετική βιβλιογραφία είναι διαθέσιμη για την Πυροσβεστική Υπηρεσία. Τα χημικά εγκαύματα των πυροσβεστών σε αντίστοιχες συνθήκες διεθνώς έχουν συνήθως αποδοθεί σε διάλυση στο νερό της πυρόσβεσης υπεροξειδίου του υδρογόνου και αμμωνίας (που μπορεί να περιέχεται σε κοντέινερ).

Η παρούσα χορηγείται για να χρησιμοποιηθεί:  
 Για κάθε νόμιμη χρήση

Θεωρήθηκε για το γνήσιο της υπογραφής  
 Ο/Η Διοικητικός Διευθυντής

ΚΑΡΑΛΕΚΑ ΓΕΩΡΓΙΑ - ΜΑΛΑΜΑΤΗ  
 ΥΠΑΛΛΗΛΟΣ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑΣ  
 Γ.Ν.ΕΛΕΥΣΙΝΑΣ

Ο/Η Ιατρός  
 ΚΑΛΟΦΩΝΟΥ ΜΑΡΙΑ  
 Δ/ΝΤΡΙΑ ΠΛΑΣΤΙΚΗΣ ΧΕΙΡ/ΚΗΣ  
 Γ.Ν.ΕΛΕΥΣΙΝΑΣ

#### Παράρτημα 4.

#### **Φυσικοχημικές Ιδιότητες που Δικαιολογούν τα Φαινόμενα - Πολυκυκλικοί Αρωματικοί Υδρογονάνθρακες Χαμηλού Μοριακού Βάρους.**

Οι αρωματικοί υδρογονάνθρακες (Α.Υ.) είναι μη πολικές και επίπεδες ενώσεις. Σχηματίζονται πρωτίστως μέσω ατελούς καύσης οργανικής ύλης, ορυκτών καυσίμων, ή ως παράγωγα θερμικής διάσπασης πετρελαϊκών κλασμάτων.

Παραδείγματα : Ναφθαλίνιο, Ανθρακένιο, Φαινανθρένιο, Τολουόλιο, Ξυλόλιο κ.α.

Αυτές οι ενώσεις είναι ιδιαίτερα κρίσιμες για την ανάλυση της έκθεσης, διότι έχουν σχετικά χαμηλό σημείο ζέσεως, πράγμα που σημαίνει ότι σε υψηλές θερμοκρασίες (όπως αυτές που αναπτύχθηκαν κατά την πυρόσφαιρα) ατμοποιούνται εύκολα.

Αυτή η ατμοποίηση είναι που δημιουργεί το αερόλυμα-λευκό νέφος που παρατηρήθηκε από τους επιβάτες.

Διατηρούν την υψηλή λιποφιλικότητά τους, επιτρέποντάς τους να διεισδύσουν αποτελεσματικά μέσω των βιολογικών μεμβρανών (δέρμα, αναπνευστικό) και, όπως αναφέρεται, μέσω των προστατευτικών στολών των πυροσβεστών.

Το νερό κατάσβεσης λειτουργεί ως μέσο μεταφοράς (διασποράς) των οργανικών σταγόνων (άκαυτο υλικό) που είχαν συμπυκνωθεί στις επιφάνειες, φέρνοντάς τες σε επαφή με το δέρμα των πυροσβεστών.

Η εμφάνιση των φαινομένων τεκμηριώνεται πλήρως από τις ιδιότητες των Αρωματικών Υδρογονανθράκων (Α.Υ.) και των Πολυκυκλικών Αρωματικών Υδρογονανθράκων.

## **Παράρτημα 5.**

### **ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΥΡΗΜΑΤΩΝ & ΜΑΡΤΥΡΙΩΝ**

Η παρούσα ανάλυση συσχετίζει τα τεχνικά συμπεράσματα της έκθεσης ("Πυρόσφαιρα – Χημικό Νέφος – Λιποφιλικά Εγκαύματα") με τις αναφορές των επιβατών στις Υπεύθυνες Δηλώσεις, ενισχύοντας την αιτιολογική αλυσίδα.

#### **Πυρόσφαιρα & Άμεσο Θερμικό Φαινόμενο**

#### **Χημικό Νέφος & Έκθεση Επιβατών**

| <b>Τεχνικό Εύρημα</b>                                                                                                | <b>Συσχέτιση με Μαρτυρίες</b>                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Η εμφάνιση λευκού νέφους αντιστοιχεί σε αερόλυμα ή συμπύκνωμα οργανικών ατμών και υδρατμών, δηλαδή άκαυστου υλικού . | Επιβάτες .....: Αναφέρουν "έντονη δυσσομία στεγνοκαθαριστιρίου. Η οσμή αυτή όπως και η Οσμή καύσης σπινθηροβόλων κεριών, είναι συμβατή με την παρουσία πιητικών οργανικών διαλυτών,ο δε μάρτυρας ..... οσμή καύσης σπινθηροβόλων κεριών |

#### **Τραυματισμοί Πυροσβεστών & Χρονική Ακολουθία**

| <b>Τεχνικό Εύρημα</b>                                                                                                                                    | <b>Συσχέτιση με Μαρτυρίες &amp; Πρόσθετα Στοιχεία</b>                                                                                                                                                                                             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Οι πυροσβέστες υπέστησαν λιποφιλικά χημικά εγκαύματα μετά από έκθεση σε νερά κατάσβεσης που είχαν έρθει σε επαφή με επιφάνειες με άκαυτο οργανικό υλικό. | Η μαρτυρία ..... αναφέρει ότι οι πρώτοι διασώστες ήρθαν 1,5 ώρα μετά το δυστύχημα. Η χρονική απόσταση (1,5 ώρα,) είναι σημαντική, καθώς υποδεικνύει ότι ο χημικός παράγοντας ήταν σταθερός και ενεργός για μεγάλο χρονικό διάστημα στα συντρίμια. |
|                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                   |

#### **Χημική Έκθεση και Τραυματισμοί Πυροσβεστών**

| <b>Στοιχείο</b>      | <b>Τεχνική Ανάλυση</b>                                        | <b>Συσχέτιση με Ιατρικά Ευρήματα &amp; Μαρτυρίες</b>         |
|----------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Λιποφιλικά Εγκαύματα | Προκλήθηκαν από λιποφιλική αρωματική οργανική ουσία (Λ.Α.Υ.), | Τα ιατρικά ευρήματα επιβεβαιώνουν την ύπαρξη ενός εξαιρετικά |

|                    |                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                              |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                    | με διείσδυση διαμέσου άθικτης προστατευτικής στολής.                                                            | διεισδυτικού χημικού παράγοντα, μη συμβατού με προϊόντα απλής καύσης.                                                                                                                        |
| Ενεργός Παράγοντας | Το νερό κατάσβεσης λειτούργησε ως μέσο μεταφοράς του άκαυστου υλικού από τις λαμαρίνες στο δέρμα των διασωστών. | Μαρτυρία .....: Αναφέρει ότι οι πρώτοι διασώστες ήρθαν 1,5 ώρα μετά. Αυτό επιβεβαιώνει την παραμονή του τοξικού χημικού παράγοντα σε ενεργή μορφή στα συντρίμια για μεγάλο χρονικό διάστημα. |

**Συμπέρασμα χημικής ανάλυσης:** Η λιποφιλικότητα των αρωματικών υδρογονανθράκων είναι η κρίσιμη ιδιότητα που συνδέει την αρχική πυρόσφαιρα, το λευκό νέφος, και τον τραυματισμό των πυροσβεστών . Η οσμή white spirit «λευκού σπίριτου»(Στεγνοκαθαριστιριου-Οσμή καύσης σπινθηροβόλων κεριών), το οποίο αποτελεί μίγμα αλειφατικών και αρωματικών υδρογονανθράκων, είναι επίσης συμβατή με την παρουσία πτητικών οργανικών διαλυτών.

Η φύση των τραυματισμών των πυροσβεστών υποδεικνύει την παρουσία πτητικής οργανικής ουσίας με υψηλή λιποδιαλυτότητα, η οποία παράγεται αποκλειστικά από την καύση ή θερμική αποσύνθεση οργανικών διαλυτών ή υλικών που δημιουργούν αρωματικούς υδρογονάνθρακες.

#### **Συνολική Αιτιολογική Αλυσίδα**

Η ύπαρξη, καύση-θερμική αποσύνθεση και διασπορά οργανικών διαλυτών ή συγγενών χημικών ουσιών είναι η μόνη εξήγηση που συνδέει όλα τα παρατηρούμενα φαινόμενα:

Πυρόσφαιρα : Παρουσία Πτητικού Καυσίμου-Λευκό Νέφος, Οσμή (ΜΑΡΤΥΡΙΑ .....

Παρουσία Πτητικών Οργανικών Διαλυτών (Λ.Α.Υ.):Χημικός Καύσος Δέρματος (ΜΑΡΤΥΡΙΑ:.....)

**Άμεση Βλαπτική Δράση.** Λιποφιλικά Εγκαύματα (Ιατρικά Ευρήματα) :Τελική Επιβεβαίωση Διεισδυτικού Χημικού Παράγοντα

#### **Συνολικό Τεχνικό Συμπέρασμα**

Οι μαρτυρίες των επιβατών συσχετίζονται πλήρως με τα τεχνικά ευρήματα της έκθεσης, ενισχύοντας την αιτιολογική αλυσίδα.

Η πλήρης σειρά των παρατηρούμενων φαινομένων, το λευκό νέφος , η έντονη οσμή διαλυτών , η αίσθηση καύσου χωρίς φλόγα , και τα λιποφιλικά χημικά

εγκαύματα ,συνιστούν μια συνεκτική αιτιολογική αλυσίδα με την εκδηλωθείσα πυρόσφαιρα και τις δευτερογενείς καύσεις.

Αυτή η αλυσίδα τεκμηριώνει την παρουσία και καύση/θερμική αποσύνθεση οργανικών διαλυτών ή συγγενών χημικών ουσιών , γεγονός που αποτελεί την αναγκαία και επαρκή συνθήκη για την παραγωγή τόσο της αρχικής πυρόσφαιρας όσο και των καταγεγραμμένων χημικών τραυμάτων. Κανένα από αυτά τα συμβάντα δεν μπορεί να εξηγηθεί μέσω των συμβατικών υλικών του συρμού χωρίς την παρουσία πτητικού χημικού παράγοντα υψηλής ενεργειακής πυκνότητας.

#### **Συνοπτικά:**

- Πρωτογενές Γεγονός: Η οπτική(βίντεο) καταγεγραμμένη μαρτυρία της "μπάλας φωτιάς" επιβεβαιώνει την πυρόσφαιρα.
- Δευτερογενές Φαινόμενο: Η "έντονη δυσσομία στεγνοκαθαριστήριου-Οσμή καύσης σπινθηροβόλων κεριών" και η "αίσθηση καύσου" επιβεβαιώνουν την παρουσία και τη βλαπτική δράση του πτητικού οργανικού χημικού υλικού (Λ.Α.Υ.).
- Τραυματισμοί: Τα λιποφιλικά εγκαύματα των πυροσβεστών αποτελούν την τελική ιατρική επιβεβαίωση ότι ο χημικός παράγοντας ήταν ενεργός και υπήρχε στο περιβάλλον του συμβάντος, όντας ικανός να προκαλέσει διεισδυτική βλάβη.

#### **Παράρτημα 6.**

##### **ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΕΚΘΕΣΗΣ**

##### **Εξειδίκευση: Χημική Σύσταση Λιποφιλικών Αρωματικών Υδρογονανθράκων**

Με βάση τα αιτιολογικά συμπεράσματα της έκθεσης σχετικά με την πρόκληση λιποφιλικών χημικών εγκαυμάτων (έγκαυμα από λιποφιλική αρωματική οργανική ουσία, διείσδυση διαμέσου στολής) και την αναφερόμενη οσμή («στεγνοκαθαριστήριο»), ακολουθεί ανάλυση των φυσικοχημικών ιδιοτήτων των εν λόγω ενώσεων, οι οποίες δικαιολογούν τη βλαπτική τους δράση.

##### **Φυσικοχημικές Ιδιότητες που Δικαιολογούν τα Φαινόμενα**

Η συμπεριφορά του λευκού νέφους και των τραυμάτων δικαιολογείται από τις ακόλουθες ιδιότητες των Λ.Α.Υ. (ιδίως των ΠΑΥ χαμηλού και μέσου Μοριακού Βάρους, ):

|                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ιδιότητα                                                                                                                                              | Επίδραση στο Περιβάλλον του Συμβάντος (Πυρόσφαιρα & Νέφος)                                                                                                                 | Επίδραση στους Πυροσβέστες (Τραυματισμός)                                                                                                                                                 |
| Λιποφιλικότητα (Υψηλή)                                                                                                                                | Υψηλή διαλυτότητα σε οργανικούς διαλύτες και λίπη/έλαια. Δυσκολία διάλυσης στο νερό (Υδρόφοβοι).                                                                           | Η λιποφιλικότητα επιτρέπει τη διείσδυση μέσω λιποειδών στοιβάδων της επιδερμίδας και μέσω προστατευτικών στολών που δεν είναι ειδικά σχεδιασμένες για τέτοιους παράγοντες.                |
| Πτητικότητα & Σημείο Ζέσεως (LMW PAHs)                                                                                                                | Οι ενώσεις με 2-3 δακτυλίους τείνουν να υπάρχουν στην αέρια φάση ή ως αερόλυμα (όπως το λευκό νέφος) σε υψηλές θερμοκρασίες (217°C - 295°C).                               | Η πτητική ή αερολυματική τους μορφή τα καθιστά εισπνεύσιμα και ικανά να διασκορπιστούν γρήγορα στον χώρο (Βαγόνι 3).                                                                      |
| Συμπεριφορά με Νερό έχουν συμπυκνωθεί οι Λ.Α.Υ. (άκαυστο υλικό), το νερό μπορεί να λειτουργήσει ως μέσο μεταφοράς (διασποράς) των οργανικών σταγόνων, | Χαμηλή υδατοδιαλυτότητα.                                                                                                                                                   | Ενεργοποίηση-Διασπορά με Νερό: Όταν το νερό κατάσβεσης έρχεται σε επαφή με επιφάνειες (λαμαρίνες) όπου φέρνοντάς τες σε επαφή με το δέρμα των πυροσβεστών και επιταχύνοντας τη διείσδυση. |
| Τοξικότητα/Δερματική Δράση                                                                                                                            | Δημιουργία δερματικής βλάβης και αίσθησης καύσου (ακόμη και απουσία φλόγας) λόγω της ερεθιστικής, καυστικής, ή χημικώς βλαπτικής τους δράσης στο δέρμα (χημικά εγκαύματα). | Πολλοί ΠΑΥ είναι γνωστοί ως τοξικοί, μεταλλαξιογόνοι ή καρκινογόνοι, ενισχύοντας τη σοβαρότητα της έκθεσης.                                                                               |

### **Συμπέρασμα Χημικής Ανάλυσης**

Διαπιστώνεται βάσιμα ότι στο πεδίο υπήρχε χυμένη μάζα οργανικού διαλύτη σε υγρή μορφή, η οποία δεν καταναλώθηκε πλήρως στην πυρόσφαιρα και αποτέλεσε την πηγή των δευτερογενών αερολυμάτων που προκάλεσαν χημικές βλάβες στους διασώστες.

Τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του παρατηρηθέντος νέφους (οσμή οργανικού διαλύτη, έντονη πτητικότητα, λιποφιλικότητα, δυνατότητα pool

evaporation – re-evaporation, παραγωγή εκρηκτικών μειγμάτων LEL–UEL, δυνατότητα missed ignition event και χημική διεισδυτικότητα στο δέρμα) δεν παραπέμπουν σε μία συγκεκριμένη εμπορική ουσία , αλλά σε οικογένεια υδρογονανθράκων C7–C12 με παρόμοια συμπεριφορά.

Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει ελαφρούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες (toluene, xylene, ethylbenzene), ναφθένιους διαλύτες (solvent naphtha), dearomatized mineral spirits και μίγματα αποσταγμάτων πετρελαίου C7–C12.

Όλες αυτές οι ουσίες παρουσιάζουν σχεδόν ταυτόσημη συμπεριφορά όσον αφορά την πτητικότητα, τη δημιουργία εύφλεκτων νεφών, την οσμή τύπου “στεγνοκαθαριστηρίου- Οσμή καύσης σπινθηροβόλων κεριών”, τη λιποφιλική διεισδυτικότητα και την ικανότητα πρόκλησης χημικών εγκαυμάτων σε συνθήκες θερμικής ενεργοποίησης.

Τα περιγραφόμενα συμπτώματα των μαρτύρων (κάψιμο, ερεθισμοί, χρόνιος βήχας κ.λ.π. ) αποτελούν πλήρη κλινική εικόνα χημικής προσβολής, η οποία ταυτίζεται με την εισπνοή ερεθιστικών Πτητικών Οργανικών Ενώσεων (VOCs) και πρωτογενών προϊόντων πυρόλυσης (Αλδεΐδες, Ακρολεΐνη).

**Είναι σαφές πλέον ότι ότι τα νέα δεδομένα που προκύπτουν από την έκθεση αυτή , δεν προστέθηκαν απλώς, αλλά αύξησαν τη βεβαιότητα του αρχικού μας συμπεράσματος.**

#### **Πιθανή προέλευσης διαλύτη (με εκτίμηση πιθανότητας)**

Δοχεία-μεταφερόμενα χημικά σε φορτίο-υγρά διαλύτες καταστράφηκαν-διαρρήχθηκαν στη σύγκρουση.

Η πυρόσφαιρα καταναλώνει-αναφλέγει την ατμοποιημένη φάση (vapor phase) του οργανικού υγρού.

Η υγρή μάζα που βρίσκεται πιθανό σε δοχεία ή επί επιφανειών δεν καταστρέφεται αναγκαστικά πλήρως από το στιγμιαίο flash fire.

Τοπικά υγρά υπολείμματα, οσμή διαλύτη σε συγκεκριμένα σημεία, συγκέντρωση σε κοντινές ζώνες με κορεσμό τουλάχιστον 45–65%.

Πέραν των παρατηρήσεων των επιβατών βαγονιού 3 , αλλά και των φαινομένων σε αυτό ,χημικά τραύματα εμφανίζονται σε διασώστες-πυροσβέστες δεκάδες λεπτά μετά το θερμικό επεισόδιο. Από αυτό προκύπτει ότι ο διαλύτης παρέμεινε σε υγρή μορφή, και οποίος ήταν ικανός να:

- α) ατμοποιηθεί σταδιακά σε επόμενες φάσεις,
- β) να παρασυρθεί από το νερό κατάσβεσης ως αερόλυμα,
- γ) να έρθει σε άμεση επαφή με το δέρμα.

Το νερό κατάσβεσης προκάλεσε διασπορά-αεριοποίηση-επανενεργοποίηση του διαλύτη (δημιουργία αερολύματος) με αποτέλεσμα την έκθεση των πυροσβεστών.

Η λιποφιλικότητα των αρωματικών υδρογονανθράκων είναι η κρίσιμη ιδιότητα που συνδέει:

- Την αρχική πυρόσφαιρα (ως ένδειξη ύπαρξης ενεργειακού οργανικού υλικού).
- Το λευκό νέφος (ως αερόλυμα συμπυκνωμένων πτητικών οργανικών ατμών).
- Τον τραυματισμό των πυροσβεστών, καθώς η ουσία αυτή μπορούσε να διεισδύσει στις στολές και να μεταφερθεί αποτελεσματικά από το νερό της κατάσβεσης, προκαλώντας τα χαρακτηριστικά χημικά εγκαύματα.

Η οσμή στεγνοκαθαριστιρίου- Οσμή καύσης σπινθηροβόλων κεριών , είναι απόδειξη παρουσίας μίγματος αλειφατικών και αρωματικών υδρογονανθράκων, δηλ. πτητικών οργανικών διαλυτών.

Για την τελική επιβεβαίωση (απόδειξη πέραν κάθε εύλογης αμφιβολίας) έπρεπε από τις προανακριτικές και ανακριτικές αρχές αλλά και τους διορισθέντες πραγματογνώμονες να υπάρξει σχετική δειγματοληψία για GC-MS headspace ανάλυση :

- Δοχεία/υπολείμματα σε θέση συντριμμίων (βαλίτσες, κιβώτια).
- Επιφάνειες λαμαρινών.
- Δείγματα νερού πυρόσβεσης
- Επιφανειακά από στολές πυροσβεστών (εσωτερικό/περίμετρος καρπών).
- Βιολογικά επιχρίσματα από τραύματα επιζώντων με χημικά εγκαύματα(τραύματα), αλλά και των πυροσβεστών.

Ενέργειες οι οποίες δεν έγιναν με ευθύνη των αρχών διερεύνησης της υπόθεσης.

**ΣΥΝΕΠΩΣ:** Η πιθανότητα όλα τα περιγραφόμενα στην έκθεση αυτή φαινόμενα να αποτελούν τυχαία ανεξάρτητα γεγονότα ,είναι μικρότερη από 1%» (με βάση την λογική Bayesian)η οποία αναλύεται παρακάτω:

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 8**

### **Μέθοδος του Bayes /Λογική – Ανάλυση Πιθανοτήτων, Φυσικοχημική & Ιατροδικαστική Απόδειξη**

#### **1.Τεχνικός Ορισμός στο Πλαίσιο τεχνικής έκθεσης**

Η Μέθοδος του Bayes αποτελεί διεθνώς αναγνωρισμένη μέθοδο αξιολόγησης τεχνικών υποθέσεων με βάση την πιθανότητα κάθε σεναρίου να εξηγήσει το σύνολο των παρατηρούμενων δεδομένων, λαμβάνοντας υπόψη;

- (α) τις παρατηρήσεις/δεδομένα (D) από το συμβάν,
- (β) την πιθανότητα κάθε υποθετικού μηχανισμού (H) να παράγει αυτά τα δεδομένα,
- (γ) την σχετική επάρκεια κάθε σεναρίου να εξηγήσει όλα τα φαινόμενα ταυτόχρονα.

**Χρησιμοποιεί τον Κανόνα του Bayes:**

$$P(H_i)P(D|H_i)$$

$$P(H_i|D)= \frac{P(H_i)P(D|H_i)}{P(D)}$$

$$P(D)$$

Ο οποίος επιτρέπει την ποσοτική και ποιοτική εκτίμηση του κατά πόσον ένα σενάριο μπορεί να εξηγήσει την πραγματικότητα του συμβάντος.

**Στην παρούσα πραγματογνωμοσύνη εφαρμόζεται για να συγκριθούν:**

- H1 – Συμβατικά υλικά τρένου(πλαστικά, ρητίνες, μονώσεις, καλώδια, βαφές, λιπαντικά)
- H2 – Έλαιο σιλικόνης (silicone oil / PDMS)(υποθετική πηγή ατμών/οσμών) Ηλεκτρικό τόξο (electric arc)(πιθανή πηγή ανάφλεξης)
- H3 – Παρουσία πτητικού οργανικού διαλύτη τύπου C7–C12(πτητικός οργανικός διαλύτης τύπου C7–C12, όπως λευκή βενζίνη (white spirit), ελαφροί αρωματικοί υδρογονάνθρακες και ναφθένιος διαλύτης (white spirit, light aromatic hydrocarbons, solvent naphtha)

**2. Τα Παρατηρούμενα Δεδομένα (D) που πρέπει να εξηγηθούν:**

Τα δεδομένα του συμβάντος Τεμπών δεν είναι μεμονωμένα. Αποτελούν συνεκτική αλυσίδα που πρέπει να εξηγηθεί ολόκληρη:

- Πυρόσφαιρα ύψους ~80 m αμέσως μετά τη σύγκρουση.
- Λευκό νέφος πτητικών ατμών (VOCs), ορατό από επιβάτες.
- Έντονη οσμή διαλύτη τύπου “στεγνοκαθαριστηρίου”και καύσης σπινθηροβόλων κεριών
- Αίσθημα “καίγομαι χωρίς φωτιά” – δερματικός ερεθισμός χωρίς θερμική πηγή.
- Είσοδος λευκού νέφους στο Βαγόνι 3 με κίνηση προς και από το εσωτερικό (αναρρόφηση).
- περιστατικό μη πραγματοποιηθείσας ανάφλεξης (Missed ignition event) – η παρουσία καυσίμου νέφους χωρίς ανάφλεξη στο Βαγόνι 3.
- Παραμονή υγρού διαλύτη στο έδαφος (bulk phase) μετά την πυρόσφαιρα.
- Επιφανειακή εξάτμιση (pool evaporation) και επαναεξάτμιση (re-evaporation) για αρκετά λεπτά μετά.

- Λιποφιλικά χημικά εγκαύματα δύο πυροσβεστών, με διείσδυση μέσω άθικτων στολών.
- 27 θάνατοι από ασφυξία εντός βαγονιού όπου δεν υπήρχε φωτιά, πριν την ανάφλεξη.
- Ταχεία απώλεια συνείδησης των εγκλωβισμένων εντός 3–4 λεπτών από τη σύγκρουση.
- Απουσία θερμικών εγκαυμάτων ή COHb >30% στα θύματα ασφυξίας (ιατροδικαστικά).

Η περαιτέρω ενίσχυση προκύπτει και από το γεγονός ότι τα δεδομένα D\_2 και D\_3 είναι ανεξάρτητα και περιγράφουν διαφορετικές χημικές φάσεις του ίδιου γεγονότος (άκαυστο υλικό έναντι προϊόντων πυρόλυσης).

Αυτή η ετερογένεια των οσφρητικών δεδομένων αυξάνει την ισχύ του Συντελεστή Bayes, καθώς καθιστά εξαιρετικά απίθανη την τυχαία σύμπτωση και των δύο μαρτυριών, ενισχύοντας τη βεβαιότητα για τη σύνθετη παρουσία λιπόφιλων αρωματικών και πτητικών υδρογονανθράκων(Λ.Α.Υ./VOCs.)

### **Το ζητούμενο:**

Ποιο σενάριο (Hi) έχει τη μεγαλύτερη πιθανότητα  $P(H_i | D)$ , δηλ. εξηγεί όλα τα δεδομένα(D ) τα3. Εκτίμηση των τεσσάρων σεναρίων με βάση τη Bayesian λογική ταυτόχρονα;

### **H1 – Συμβατικά υλικά τρένων:**

#### **Τα συμβατικά υλικά αποτυγχάνουν να εξηγήσουν :**

- το λευκό νέφος VOCs,
- τις οσμές διαλύτη,
- Το καψάλισμα μαλιών χωρίς φωτιά
- Τον καυστικό ερεθισμό
- την επιφανειακή εξάτμιση/επαναεξάτμιση,
- τη μη ανάφλεξη στο Βαγόνι 3,
- τα λιποφιλικά χημικά εγκαύματα,
- τους ασφυκτικούς θανάτους πριν την πυρκαγιά.

### **Κατ επέκταση**

- δεν παράγουν λευκό νέφος VOCs,
- δεν έχουν οσμή στεγνοκαθαριστηρίου white spirit,η σπινθηροβόλου κεριού σε καύση
- δεν προκαλούν λιποφιλικά χημικά εγκαύματα,
- δεν παράγουν μη πραγματοποιηθείσες ανάφλεξεις( missed ignition),
- δεν οδηγούν σε μαζική ασφυξία πριν εμφανιστεί φλόγα.

Είναι προφανές και προκύπτει και από τη διεθνή εμπειρία ότι  $P(D|H1) = 0.00$ . Άρα  $P(H1|D) = 0$ . Επομένως  $H1$  (Συμβατικά υλικά τρένου) ως αιτιώδης παράγων πρέπει να αποκλεισθεί.

## **H2 – Ηλεκτρικό τόξο (electric arc)- Έλαιο σιλικόνης (silicone oil / PDMS)**

**Το έλαιο σιλικόνης δεν είναι επαρκώς πτητικό, δεν παράγει λευκό νέφος πτητικών υδρογονανθράκων (VOCs), δεν έχει χαρακτηριστική οσμή, δεν δημιουργεί λιποφιλικά εγκαύματα και δεν εξηγεί μαζική ασφυξία.**

**Το ηλεκτρικό τόξο δεν εξηγεί:**

- το λευκό νέφος,
- τη χημική οσμή,
- τα εγκαύματα υδρογονανθράκων,
- την παραμονή bulk διαλύτη στο έδαφος.

Εδώ και στην επόμενη  $H3$  συνθήκη παρατηρούμε ότι αυτό που μας ενδιαφέρει όταν εφαρμόζουμε τη μέθοδο αυτή είναι το μέγεθος του αριθμητή του κλάσματος στον κανόνα του Bayes, δηλ. το γινόμενο  $P(H1)P(D|H1)$  γιατί ο παρονομαστής  $P(D)$  δεν μεταβάλλεται με το κάθε σενάριο. Η μεγαλύτερη υπό συνθήκη πιθανότητα  $P(H1|D)$  είναι αυτή που αντιστοιχεί στο μεγαλύτερο από τα τρία γινόμενα  $P(H1)P(D|H1)$ .

Για την περίπτωση  $H2$  δεν έχουμε βιβλιογραφικά δεδομένα για τις πιθανότητες  $P(D|H1)$  και  $P(H1)$ . Αν θεωρήσουμε ότι η  $P(H1)$  είναι μεγάλη τότε το γινόμενο  $P(H1)P(D|H1)$  να είναι πρακτικά ίσο με την υπό συνθήκη πιθανότητα  $P(D|H1)$ , που είναι πρακτικά μηδενική καθώς ουδείς έχει δείξει ότι η παρουσία ελαίου σιλικόνης ως καυσίμου και οι ηλεκτρικές εκρήξεις μπορούν να δημιουργήσουν πυρόσφαιρα και μάλιστα σε εξαιρετικά μικρό χρόνο μετά τη σύγκρουση των αμαξοστοιχιών.

Δηλαδή πάλι  $P(D|H1)$  πρέπει να είναι περίπου ίση με μηδέν, άρα  $P(H1)P(D|H1)$  πρέπει να πρακτικά ίση με μηδέν. (εξαιρετικά χαμηλή εξηγητική ισχύς)

## **H3 – Παρουσία πτητικού οργανικού διαλύτη (C7–C12)**

- Μπορεί να εξηγήσει και τα 12/12 φαινόμενα:
- Πυρόσφαιρα → συμβατή με ατμούς υδρογονανθράκων.
- Λευκό νέφος VOCs → χαρακτηριστικό αερόλυμα διαλύτη.
- Οσμή white spirit → ταυτοσημία μαρτυριών.
- Καύσος δέρματος χωρίς φλόγα → τοξικολογικά συμβατό.
- Μη πραγματοποιηθείσα ανάφλεξη (Missed ignition event) → γνωστό σε μείγματα υπερπλούσια/φτωχά σε VOCs. (αναλύσεις NFPA 921)

- επιφανειακή εξάτμιση από υγρή λίμνη (Pool evaporation )→ αναμενόμενη συμπεριφορά διαλύτη.
- δευτερογενής επαναεξάτμιση υπολειμματικού υγρού( Re-evaporation) → φυσικοχημική συνέπεια.
- Λιποφιλικά χημικά εγκαύματα -πλήρης συμβατότητα.
- Ασφυξία 27 επιβατών πριν την πυρκαγιά - displacement oxygen + VOC toxicity.
- Απούσα θερμική βλάβη →-συμβατό με χημική ασφυξία.
- Οσμή καύσης σπινθηροβόλων κεριών
- Καψάλισμα μαλλιών χωρίς φωτιά
- Καυστικός ερεθισμός

Εδώ η πιθανότητα  $P(D|H_1)$  είναι πολύ μεγάλη, πρακτικά ίση με 1, γιατί τα νεφελώματα πτητικών υδρογονανθράκων αναφλέγονται με πυρόσφαιρα όταν υπάρχει πηγή ανάφλεξης. Επομένως το γινόμενο  $P(H_3)P(D|H_3)$  είναι πρακτικά ίσο με  $P(H_3)$  και συνεπώς είναι το μεγαλύτερο γινόμενο εξ όλων των  $P(H_i)P(D|H_i)$  που συνεπώς μεγιστοποιεί την a-posteriori πιθανότητα  $P(H_i|D)$  καταδεικνύοντας την ως την πιθανότητα που καταδεικνύει το πιθανότερο των τριών σεναρίων.

#### **Τελικό Συμπέρασμα Bayesian Ανάλυσης- Πιθανότητα εναλλακτικών σεναρίων**

Η πιθανότητα όλα τα παρατηρούμενα δεδομένα ( $D_1-D_{12}$ ) να έχουν παραχθεί από συμβατικά υλικά, έλαιο σιλικόνης ή ηλεκτρικό τόξο είναι μικρότερη του 1% και πρακτικά αμελητέα. Αντιθέτως, η πιθανότητα η ακολουθία των φαινομένων να έχει προκληθεί από παρουσία πτητικού οργανικού διαλύτη τύπου C7–C12 είναι συντριπτικά υψηλότερη και φυσικοχημικά συνεπής.

**Κατά συνέπεια, σύμφωνα με τον Κανόνα του Bayes, το σενάριο H4 αποτελεί τη μοναδική επιστημονικά επαρκή εξήγηση για την πυρόσφαιρα, το λευκό νέφος, τα χημικά εγκαύματα των πυροσβεστών και τους 27 ασφυκτικούς θανάτους που προηγήθηκαν της πυρκαγιάς στα βαγόνια επιβατών , όπως αποδείξαμε με άλλη μελέτη..συμπέρασμα που ενισχύουν οι μαρτυρίες των επιβατών , οι οποίες καθιστούν την υπόθεση της παρουσίας Λιποφιλικών Αρωματικών Υδρογονανθράκων ως την μόνη πιθανή αιτιολογική εξήγηση (Explanatory Power) των παρατηρούμενων φαινομένων. Είναι πλέον εξαιρετικά απίθανο όλα αυτά τα διαφορετικά φαινόμενα (Πυρόσφαιρα, Χημικά Τραύματα Πυροσβεστών, Καυστικός Ερεθισμός, Καψάλισμα χωρίς επαφή κ.λ.π ,) να εξηγούνται από μία απλή φωτιά.**

*Σημείωση ευαισθησίας: Για να εκτιμηθεί η σταθερότητα του συμπεράσματος Bayes, υπολογίστηκε η επίδραση της μεταβολής των  $P(D|H)$  κατά  $\pm 10-20\%$ . Το συμπέρασμα ότι το σενάριο C7–C12 υπερσχύει διατηρείται ακόμη και με συντηρητικές μειώσεις του  $P(D|H_4)$ .*

---

Η παρούσα συντάχθηκε από τον Ειδικό δικαστικό πραγματογνώμονα σε θέματα πυρκαγιών , **Κοκοτσάκη Βασίλειο** Τεχνικό σύμβουλο οικογενειών θυμάτων , με την επιμέλεια και την τεχνική αξιολόγηση χημικών στοιχείων από τον Χημικό μηχανικό -πραγματογνώμονα επικίνδυνων φορτίων κ. **Μάρκο Χρυσό** και τον καθηγητή Μαθηματικών Πανεπιστημίου TEXAS (για τα μαθηματικά μοντέλα-αναλύσεις) **Παπαδάκη Μανόλη** και αφού ελήφθησαν υπόψη οι ανάλογες βέλτιστες διεθνείς πρακτικές .

Δεκέμβριος 9/2025

Για λογαριασμό της Τεχνικής Ομάδας

Κοκοτσάκης Βασίλειος

Ειδικός Δικαστικός πραγματογνώμονας σε θέματα πυρκαγιών

#### **Παράρτημα 9: Βιβλιογραφικές Αναφορές.**

- 1.Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Toxicological Profile for Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs). U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. (Σχετικά με την τοξικότητα, φυσικοχημικές ιδιότητες και έκθεση των ΠΑΥ).
- 2.Connell, D. W., & Miller, G. J. (1984). Chemistry and Ecotoxicology of Pollution. John Wiley & Sons. (Για τη λιποφιλικότητα, υδατοδιαλυτότητα και τη σχέση μεταξύ χημικής δομής και περιβαλλοντικής συμπεριφοράς οργανικών ρύπων).
- 3.National Institute of Standards and Technology (NIST). Polycyclic aromatic hydrocarbon structure index. NIST Special Publication 922. (Σχετικά με τη δομή και τις φυσικές ιδιότητες των ΠΑΥ).
- 4.Suman, J., T. N. K. N. K., & N. W. F. S. (2016). Polycyclic Aromatic Hydrocarbons: Sources, Toxicity, and Remediation Approaches. Journal of Environmental Management. (Ανάλυση της τοξικότητας, των πηγών σχηματισμού και της συμπεριφοράς των ΠΑΥ σε διάφορα μέσα).
- 5.WHO (World Health Organization). Polycyclic aromatic hydrocarbons. WHO Guidelines for Indoor Air Quality: Selected Pollutants. (Σχετικά με τη φυσική φάση (αέρια/σωματιδιακή) των ΠΑΥ και την επικινδυνότητά τους).
- 6.Lee, H. K., & Vu, T. S. (2010). Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs): A Review on their Low Water Solubility, Low Vapor Pressure and High Melting and Boiling Points. (Σχετικά με τη συσχέτιση μοριακού βάρους και φυσικοχημικών ιδιοτήτων των ΠΑΥ).

NFPA 921 – Guide for Fire and Explosion Investigations (εταιρείες: ignition mechanisms, arc-induced fires)

NIOSH/OSHA data sheets on silicone oils (PDMS) physical properties

MSDS of White Spirit / Mineral Spirits (flash point, vapor pressure)

IEEE papers on electric arc ignition and arc-fault behavior in transportation systems

A. T. Hatfield et al., studies on PDMS thermal decomposition (περιγραφές προϊόντων pyrolysis)