



ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ Ν. ΔΑΦΝΗ
ΔΙΚΗΓΟΡΟΣ (Α.Μ. Δ.Σ.Α. 41862)
ΟΜΗΡΟΥ 15 • ΑΘΗΝΑ 106 72
ΤΗΛ.: 210 3318170 • FAX: 210 3318171
ΑΦΜ: 166505002 • ΔΟΥ Δ' ΑΘΗΝΩΝ
E-mail: e.dafni@bahagram.com

HELLENIC TRAIN- ΑΝΩΝΥΜΗ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ
Δυναμικής, έκρηξης και πυρκαγιάς
του Ατυχήματος

Σύγκρουση μεταξύ του συρμού Intercity 62 και της εμπορικής
αμαξοστοιχίας 63503 στις 28 Φεβρουαρίου 2023

Αριθ.Εγγράφου: YC23-010

Αναθεώρηση: _Τελικό _Δημοσιευμένο

Συντάκτης: Yves Carton

Επιμέλεια: Αντώνιος Μοσχόπουλος

25 Ιουλίου 2023

ΕΜΠΙΣΤΕΥΤΙΚΟΤΗΤΑ:

Το παρόν έγγραφο και τυχόν συνημμένα έγγραφα είναι εμπιστευτικά και ενδέχεται να είναι απόρρητα. Μην αποκαλύπτετε το περιεχόμενό του, μην το χρησιμοποιείτε για οποιονδήποτε σκοπό και μην διανέμετε, αποθηκεύετε ή αντιγράφετε τις πληροφορίες σε οποιοδήποτε μέσο χωρίς την έγγραφη έγκριση του συντάκτη.

ΕΜΠΙΣΤΕΥΤΙΚΟΤΗΤΑ: Το παρόν έγγραφο και τυχόν συνημμένα έγγραφα είναι εμπιστευτικά και ενδέχεται να είναι απόρρητα. Μην αποκαλύπτετε το περιεχόμενό του, μην το χρησιμοποιείτε για οποιονδήποτε σκοπό και μην διανέμετε, αποθηκεύετε ή αντιγράφετε τις πληροφορίες σε οποιοδήποτε μέσο

1. Εισαγωγή

Στο ατύχημα της 28^{ης} Φεβρουαρίου 2023, ώρα περίπου 11:15μμ, στην γραμμή Αθηνών – Θεσσαλονίκης, μεταξύ της Λάρισας και της Λεπτοκαρυάς, στη ΧΘ 371+000, ενεπλάκησαν μια επιβατική και μια εμπορική αμαξοστοιχία, και οι δύο εκμετάλλευσης της Hellenic Train, όπου έχασαν τη ζωή τους 57 άνθρωποι.

Η επιβατική αμαξοστοιχία IC 62 αποτελούμενη από μια ηλεκτράμαξα Hellas Sprinter, την Η/Α 120.023, ένα βαγόνι πρώτης θέσης, ένα βαγόνι κυλικείου και έξι βαγόνια δεύτερης θέσης (B2-B7) εκτελούσε δρομολόγιο μεταξύ Αθήνας και Θεσσαλονίκης με 342 επιβάτες (όπως υπολογίζεται από τα εισιτήρια), η εμπορική αμαξοστοιχία 63503 με δύο ηλεκτράμαξες Hellas Sprinter, τις Η/Α 120.022 και 120.012, αποτελούμενη από 13 ελκόμενα οχήματα μεταφοράς επίτεδων εμπορευματοκιβωτίων (flat freight), τα πρώτα 3 οχήματα με πλατιά προϊόντα ελασματοποίησης από σίδηρο (λαμαρίνες), τα υπόλοιπα με κλειστά εμπορευματοκιβώτια, εκτελούσε το δρομολόγιο Θεσσαλονίκη-Αθήνα.

Όσον αφορά τη δυναμική του ατυχήματος, το Intercity που ενεπλάκη στη σύγκρουση (IC 62) δρομολογήθηκε από τον σταθμάρχη στη Λάρισα στην αντίθετη γραμμή από αυτή που χρησιμοποιείται κανονικά (αυτή που βρίσκεται στην αριστερή πλευρά της κατεύθυνσης κίνησης/την παράνομη), στην οποία κινούνταν επίσης η εμπορική αμαξοστοιχία 63503, προς την αντίθετη όμως κατεύθυνση (νόμιμη για την εμπορική αμαξοστοιχία).

2. Αντικείμενο

Η παρακάτω έκθεση επικεντρώνεται στη δυναμική του ατυχήματος κατά τη σύγκρουση και αμέσως μετά, όσον αφορά τη συμπεριφορά του τροχαίου υλικού, με διερεύνηση της αιτίας της έκρηξης και της πυρκαγιάς στην ηλεκτράμαξα και τα πρώτα βαγόνια της επιβατικής αμαξοστοιχίας αμέσως μετά τη σύγκρουση. Παρέχει επίσης ανάλυση του κατά πόσον τυχόν τεχνικές βελτιώσεις στο τροχαίο υλικό ή στις διαδικασίες συντήρησης θα μπορούσαν να μειώσουν τον κίνδυνο ή τον αντίκτυπο μιας τέτοιας καταστροφής.

Δεν αναλύει ούτε καταλήγει σε κανένα συμπέρασμα σχετικά με το αρχικό ερώτημα, γιατί τα 2 τρένα κινούνταν με πλήρη ταχύτητα στην ίδια γραμμή.

3. Αναφορές & Πηγές Πληροφοριών

- Έκθεση Διερεύνησης Ατυχήματος με ημ/νία 15/05/2023 και αναθεώρηση 25/04/2023 της Επιτροπής έρευνας της Hellenic Train
- Φωτογραφίες και βίντεο που διατίθενται από την HT (Δίσκος Δεδομένων Hellenic Train One)
- Πληροφορίες που συγκεντρώθηκαν κατά την επιτόπια επίσκεψη και τις συνεντεύξεις.
- Βίντεο1: Ιστοσελίδα ειδήσεων: Κάμερα αυτοκινητόδρομου https://www.youtube.com/watch?v=On5_Fn_NfpQ από την κάμερα στον αυτοκινητόδρομο προς τα νότια του τόπου του ατυχήματος.

ΕΜΠΙΣΤΕΥΤΙΚΟΤΗΤΑ: Το παρόν έγγραφο και τυχόν συνημμένα έγγραφα είναι εμπιστευτικά και ενδέχεται να είναι απόρρητα. Μην αποκαλύπτετε το περιεχόμενό του, μην το χρησιμοποιείτε για οποιονδήποτε σκοπό και μην διανέμετε, αποθηκεύετε ή αντιγράφετε τις πληροφορίες σε οποιοδήποτε μέσο

- Βίντεο2: Open News: Η θέση της κάμερας δεν είναι γνωστή, αλλά κατά πάσα πιθανότητα προς τα βόρεια-δυτικά του τόπου του ατυχήματος.
https://www.youtube.com/watch?v=gfUBN_6CJ9A
- Βίντεο2_α: βίντεο αριθ. 2 με το χρόνο πριν και μετά την έκρηξη σε αργή κίνηση: διατέθηκε στον Δίσκο Δεδομένων Hellenic Train One.
- Μετασηματιστής Siemens : έγγραφο TWN/WNR/3517112ff/BA rev. 1.0
- Bayer Baysilone Fluids M <https://dcproducts.com.au/wp-content/uploads/2020/12/BayerBaysiloneFluidsBrochure.pdf>
- Φύλλο Δεδομένων ηλεκτρονικού υγρού 3M Fluorinert™ Electronic Liquid FC-3284 https://www.3m.com/3M/en_US/p/d/b10144228/
- Φύλλο δεδομένων μπαταρίας σιδηροδρόμων Horpecke FNC (Ηλεκτράμαξες)
- Φύλλο δεδομένων μπαταρίας Saft SRM (Βαγόνια)
- Δελτίο δεδομένων ασφαλείας R134a (ψυκτικού μέσου για κλιματισμό)
- Σχέδια Η/Α Siemens Hellenic Sprinter (σχεδιάγραμμα, σχέδια HV, σχέδια πνευματικών συστημάτων)
- Τέλος, πολλές ευχαριστίες στον κ. Αντώνιο Μοσχόπουλο για τις φωτογραφίες, τα βίντεο και τα στοιχεία των αμαξοστοιχιών και τη μαρτυρία του καθώς βρισκόταν στο σημείο των συντριμμιών λίγο μετά το ατύχημα.

Δεν υπήρχαν διαθέσιμες εκθέσεις ή πληροφορίες από την επίσημη επιτροπή διερεύνησης κατά τη σύνταξη της παρούσας έκθεσης. Η έρευνα και τα συμπεράσματα βασίζονται αποκλειστικά σε αποδεικτικά στοιχεία και δικά μας συμπεράσματα από φωτογραφίες, βίντεο και δεδομένα και γνώσεις σχετικά με τα οχήματα. Νέες πληροφορίες ή αποδεικτικά στοιχεία ενδεχομένως να οδηγήσουν σε αναθεώρηση ορισμένων υποθέσεων ή συμπερασμάτων.

4. Αναφορές σε βαγόνια εμπορικής αμαξοστοιχίας

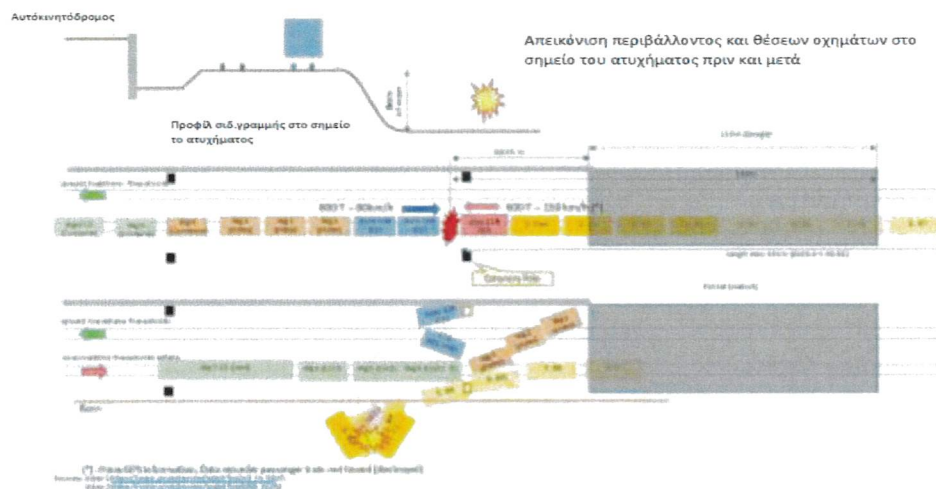
1.	H/A 120023,	
2.	Πρώτη Θέση	Admz 8496019, διαμερίσματα
3.	Κυλικείο	Wrmz 8896734, κυλικείο
4.	B2	Bmz 2196003, διαμερίσματα
5.	B3	Bmprz 2096503, κεντρικός διάδρομος
6.	B4	Bmprz 2096569, κεντρικός διάδρομος
7.	B5	Bmprz 2096567, κεντρικός διάδρομος
8.	B6	Bmprz 2096563, κεντρικός διάδρομος
9.	B7	Bmprz 2096507, κεντρικός διάδρομος

ΕΜΠΙΣΤΕΥΤΙΚΟΤΗΤΑ: Το παρόν έγγραφο και τυχόν συνημμένα έγγραφα είναι εμπιστευτικά και ενδέχεται να είναι απόρρητα. Μην αποκαλύπτετε το περιεχόμενό του, μην το χρησιμοποιείτε για οποιονδήποτε σκοπό και μην διανέμετε, αποθηκεύετε ή αντιγράφετε τις πληροφορίες σε οποιοδήποτε μέσο

5. Διερεύνηση της δυναμικής της σύγκρουσης

4.1 Θέση των οχημάτων πριν και μετά

Θέση των διαφόρων Η/Α, ελκόμενων οχημάτων και βαγονιών πριν και μετά τη σύγκρουση σε σχέση με την υποδομή γύρω.



Σχήμα 1: Αποτύπωση θέσης υποδομής και οχημάτων πριν και μετά την σύγκρουση

Οι διαστάσεις της υποδομής βασίζονται σε δεδομένα του Google Earth (πριν από το ατύχημα). Οι εικόνες είναι διαθέσιμες, αλλά δεν μπορούν να δημοσιευθούν, καθώς δεν έχει ζητηθεί (ακόμη) άδεια από την Google για τη δημόσια χρήση των δεδομένων.

4.2 Σύντομη περιγραφή της πιο πιθανής υπόθεσης της δυναμικής που αναπτύχθηκε κατά τη διάρκεια της σύγκρουσης

Παρόλο που δεν υπάρχει πραγματική βιντεοσκόπηση της σύγκρουσης (ήταν νύχτα) και οι πληροφορίες των καταγραφικών / "μαύρου κουτιού" (της εμπορικής αμαξοστοιχίας) δεν είναι στην κατοχή μας ή χάθηκαν (επιβατική αμαξοστοιχία), μπορούμε να υποθέσουμε από την τοποθέτηση, τις κινηματικές ενέργειες και τις παραμορφώσεις που παρατηρήθηκαν τα εξής:

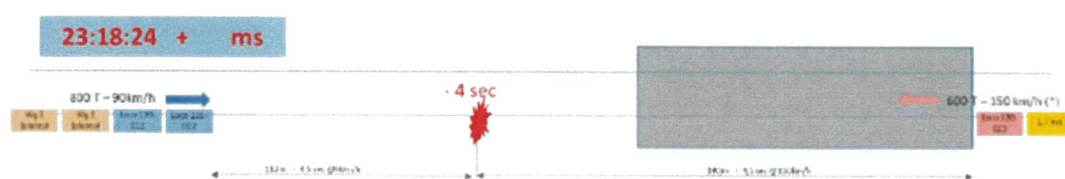
Από το βίντεο παρακολούθησης¹ στον αυτοκινητόδρομο νότια του ατυχήματος μπορούμε να δούμε

¹ Videolink: https://www.youtube.com/watch?v=On5_Fn_NfpQ

ΕΜΠΙΣΤΕΥΤΙΚΟΤΗΤΑ: Το παρόν έγγραφο και τυχόν συνημμένα έγγραφα είναι εμπιστευτικά και ενδέχεται να είναι απόρρητα. Μην αποκαλύπτετε το περιεχόμενό του, μην το χρησιμοποιείτε για οποιονδήποτε σκοπό και μην διανέμετε, αποθηκεύετε ή αντιγράφετε τις πληροφορίες σε οποιοδήποτε μέσο

ότι οι μηχανοδηγοί της εμπορικής και της επιβατικής αμαξοστοιχίας δεν ανέμεναν ότι θα γίνει σύγκρουση, καθώς δεν μπορούμε να παρατηρήσουμε να έχει ενεργοποιηθεί φρένο έκτακτης ανάγκης. Το ίδιο το σημείο της σύγκρουσης είναι κρυμμένο από την κάμερα από την οδογέφυρα του αυτοκινητόδρομου. Καθώς ήταν νύχτα και η γραμμή κάνει μια ελαφρά καμπύλη σε εκείνη την περιοχή, με τη σήραγγα/οδογέφυρα ενδιάμεσα, η μετωπική σύγκρουση δεν μπορούσε να γίνει αντιληπτή μέχρι την τελευταία στιγμή και δεν ήταν καθόλου δυνατό να εφαρμοστούν τα φρένα με οποιοδήποτε αποτέλεσμα.

- Μπορούμε να θεωρήσουμε ότι οι αμαξοστοιχίες συγκρούονται με πλήρη ταχύτητα πορείας (εμπορική 90km/h, επιβατική αμαξοστοιχία 150km/h) μεταξύ τους.



Σχήμα 2: Γενική επισκόπηση με χρόνο σύμφωνα με την βιντεοκάμερα του αυτοκινητόδρομου (για λόγους ευκολίας οι γραμμές απεικονίζονται ευθείες)

Δεδομένων των διαφορετικών φορτίων και ταχυτήτων, η κινηματική ενέργεια της εμπορικής αμαξοστοιχίας, παρά το βαρύτερο φορτίο, είναι πολύ χαμηλότερη από εκείνη της επιβατικής αμαξοστοιχίας (250 MJ έναντι 592 MJ). Λαμβάνοντας επίσης υπόψη το γεγονός ότι η εμπορική αμαξοστοιχία είχε 2 ηλεκτράμαξες μπροστά της, 80 τόνων η καθεμία, οι οποίες έχουν πιο στερεή/ισχυρή δομή και υψηλότερο φορτίο άξονα, και το γεγονός ότι τα ελκόμενα οχήματα με τις λαμαρίνες πέρασαν κάτω από τις ηλεκτράμαξες, η απορρόφηση της ενέργειας σύγκρουσης στην εμπορική αμαξοστοιχία έγινε κυρίως στις 2 ηλεκτράμαξες.

- Τα ελκόμενα οχήματα, με εξαίρεση τις 2 ηλεκτρομηχανές, παρέμειναν κυρίως στην τροχιά τους και δεν συνθλίφτηκαν πολύ μεταξύ τους.
- Η ενέργεια σύγκρουσης απορροφήθηκε κυρίως από την πρώτη και στη συνέχεια από τη δεύτερη ηλεκτράμαξα, λαμβάνοντας επίσης υπόψη το ειδικό φορτίο και την τροχιά των εμπορευματικών βαγονιών που ακολουθούσαν (βλ. παρακάτω).

Η πρώτη εμπορική ηλεκτράμαξα, Η/Α 120-022, εκτοξεύτηκε πάνω από την τροχιά της σιδηροδρομικής γραμμής ανόδου (κατεύθυνση κίνησης προς τα αριστερά) και προσέκρουσε με σφοδρότητα στον τοίχο του αυτοκινητόδρομου, με στοιχεία του εξοπλισμού να περνούν πάνω από τον τοίχο (Εικόνα 9). Η ηλεκτράμαξα πιθανότατα πήδηξε προς τα πάνω (με την κεφαλή λυγισμένη προς τα κάτω) και παρέσυρε μαζί της τον στύλο του εναέριου αγωγού και την αλυσοειδή στην πορεία της σύγκρουσης, καθώς η αλυσοειδής γραμμή επαφής και ο στύλος της βρίσκονται κάτω από τις ηλεκτράμαξες (βλ. Εικόνα 11 και Εικόνα 12).

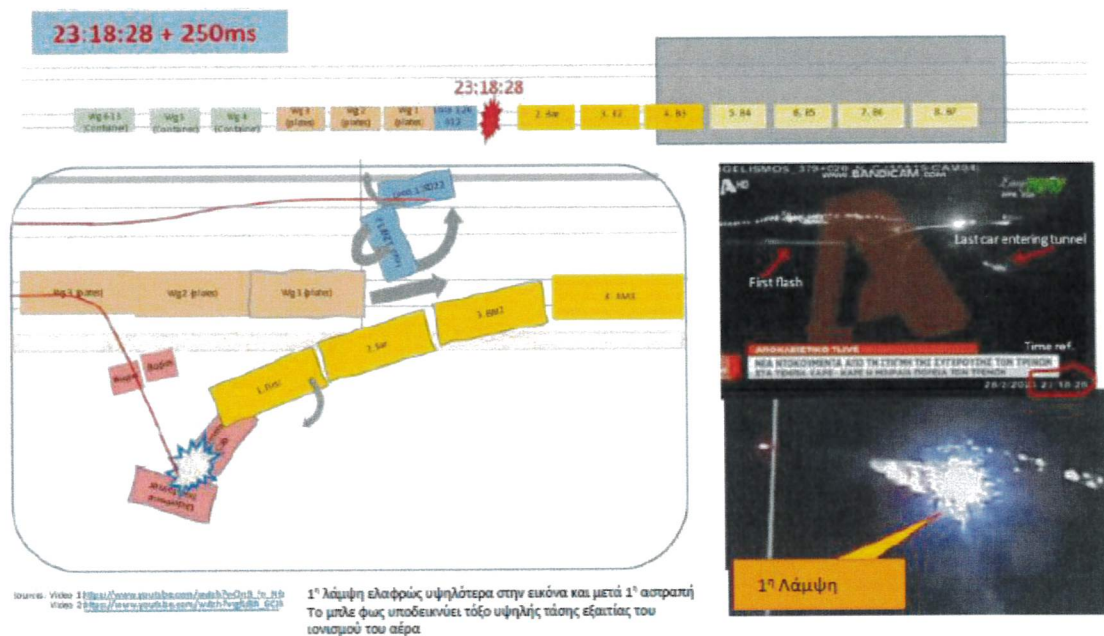
Αυτό οδήγησε σε ένα μάλλον σκληρό βραχυκύκλωμα του εναέριου ηλεκτροφόρου αγωγού της γραμμής ανόδου με περιορισμένες αναλαμπές (δεν είναι ορατές, ή ο αγωγός δεν τροφοδοτείτο με ρεύμα λόγω προηγούμενων προβλημάτων). Η δεύτερη εμπορική ηλεκτράμαξα, Η/Α 120-012

ΕΜΠΙΣΤΕΥΤΙΚΟΤΗΤΑ: Το παρόν έγγραφο και τυχόν συνημμένα έγγραφα είναι εμπιστευτικά και ενδέχεται να είναι απόρρητα. Μην αποκαλύπτετε το περιεχόμενό του, μην το χρησιμοποιείτε για οποιονδήποτε σκοπό και μην διανέμετε, αποθηκεύετε ή αντιγράφετε τις πληροφορίες σε οποιοδήποτε μέσο

Έκθεση Διερεύνησης Ατυχήματος

Έγγραφο: YC23-010 αναθ. Τελικό-Δημοσιευμένο

συντρίφτηκε πάνω στην πρώτη και ενόσω πιθανότατα παρέμενε συνδεδεμένη μαζί μέχρι την τελευταία στιγμή, γύρισε και στράφηκε στην αντίθετη κατεύθυνση ενάντια στην πρώτη μέχρι που σταμάτησε (ο ηλεκτρικός ζεύκτης ήταν ακόμα συνδεδεμένος, βλ. Εικόνα 13).



Σχήμα 3: Πρώτη αστραπή

Η πολύ υψηλότερη ενέργεια σύγκρουσης της επιβατικής αμαξοστοιχίας απορροφήθηκε από πολλά οχήματα, ξεκινώντας από την ηλεκτράμαξα, το βαγόνι της πρώτης θέσης και το βαγόνι του κυλικείου, και ήταν πιο καταστροφική, καθώς ελάχιστα αναγνωρίσιμα τμήματα μπορούν να εντοπιστούν στα συντρίμια. Η επιβατική ηλεκτράμαξα, H/A 120-023, συγκρούστηκε πάνω στην πρώτη εμπορική ηλεκτράμαξα και πετάχτηκε (αντίθετα) προς τα αριστερά περίπου 30 μέτρα πιο κάτω κατά μήκος της κατεύθυνσης κίνησης στο χαμηλότερο πρानές (4 έως 5 μέτρα χαμηλότερα).

Κατά τη διάρκεια αυτής της "πτήσης" η ηλεκτράμαξα έχασε τα φορεία και αυτά κινήθηκαν μάλλον ευθεία προς τα εμπρός. Στη συνέχεια, πιθανότατα το αμάξωμα της ηλεκτράμαξας σφηνώθηκε λίγο πιο βαθιά στο έδαφος και αποκόπηκε από την καμπίνα και το μηχανοστάσιο, τα οποία συνθλίφτηκαν όλα μαζί. Το μεσαίο μέρος του σασί με τον μετασχηματιστή, το πιο στερεό και βαρύ μέρος (περίπου 10 τόνοι) με τη μεγαλύτερη αδράνεια, αποκόπηκε (το μπουλόνι με τον πείρο περιστροφής λύγισε μέσα στο πλαίσιο/τον μετασχηματιστή) και ανατράπηκε κατεβαίνοντας μερικά μέτρα πιο κάτω. Το άνω πάνελ της οροφής πιθανότατα αποκολλήθηκε κατά την πρώτη κρούση, πετάχτηκε στον αέρα και έπεσε εν μέρει πάνω στη βάση του αμαξώματος.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι οι στύλοι της αλυσοειδούς γραμμής επαφής κατά τη στιγμή του ατυχήματος (φαίνεται τώρα να έχουν τοποθετηθεί λίγο πιο κάτω προς τη σήραγγα) ήταν τοποθετημένοι στη θέση του ατυχήματος (περίπου 50 μέτρα από τη σήραγγα, όπως φαίνεται από την προβολή του Google Earth πριν από τη σύγκρουση). Η ηλεκτράμαξα της επιβατικής

ΕΜΠΙΣΤΕΥΤΙΚΟΤΗΤΑ: Το παρόν έγγραφο και τυχόν συνημμένα έγγραφα είναι εμπιστευτικά και ενδέχεται να είναι απόρρητα. Μην αποκαλύπτετε το περιεχόμενό του, μην το χρησιμοποιείτε για οποιονδήποτε σκοπό και μην διανέμετε, αποθηκεύετε ή αντιγράφετε τις πληροφορίες σε οποιοδήποτε μέσο

αμαξοστοιχίας παρέσυρε κατά τη διάρκεια της τροχιάς της σύγκρουσης τον στύλο της γραμμής και πιθανότατα μετέφερε το εναέριο καλώδιο μέχρι που προσγειώθηκαν τα τμήματα της ηλεκτράμαξας στο πρανάς. Το καλώδιο της αλυσοειδούς γραμμής επαφής εντοπίζεται σε διάφορες θέσεις στα συντρίμια του εναπομείναντος πλαισίου της ηλεκτράμαξας με τον μετασχηματιστή, όπως φαίνεται στην Εικόνα 14 και στην Εικόνα 15.

Το βαγόνι πρώτης θέσης και το βαγόνι του κυλικείου είναι τα επόμενα βαγόνια της επιβατικής αμαξοστοιχίας που δέχθηκαν την ενέργεια της σύγκρουσης και καταστράφηκαν και παραμορφώθηκαν σε πολύ μεγάλο βαθμό, με τμήματα όπως καθίσματα, εσωτερικά, προφυλακτήρες, θυρόφυλλα, φορείο, πλευρικά τοιχώματα και τμήματα του πλαισίου του αμαξώματος, αλλά και αποσκευές που βρέθηκαν σε μεγάλη περίμετρο (> 200 μέτρα) γύρω από την περιοχή του ατυχήματος. Δεδομένων των μεγάλων καταστροφικών δυνάμεων που ασκήθηκαν και των πολύ υψηλών επιταχύνσεων, κανένας επιβάτης δεν είχε πιθανότητες να επιβιώσει σε αυτά τα βαγόνια.

Λίγα από τα ουσιαστικά τμήματα αυτών των 2 βαγονιών είναι αναγνωρίσιμα και μπορούν να βρεθούν στα συντρίμια, αλλά με βάση τις θέσεις όπου εντοπίστηκαν τα πτώματα από την πυροσβεστική, μπορούμε να συμπεράνουμε με μεγάλη πιθανότητα ότι και τα δύο "βαγόνια" προσγειώθηκαν κατακερματισμένα στο χαμηλότερο πρανάς μεταξύ του φορείου της ηλεκτράμαξας και των τμημάτων του πλαισίου της ηλεκτράμαξας λίγο πιο μακριά από το σημείο όπου σημειώθηκε η έκρηξη και η πυρκαγιά (βλ. παρακάτω). Οι υψηλές επιταχύνσεις σημαίνουν επίσης ότι όλοι οι εσωτερικοί χώροι, συμπεριλαμβανομένων των επιβατών και των αποσκευών, συνθλίφθηκαν αρχικά προς τα εμπρός και διαλύθηκαν.

Κατά τη διάρκεια αυτού του συμβάντος το βαγόνι B2 εκτοξεύτηκε πάνω από τα συντρίμια της ηλεκτράμαξας, του βαγονιού της πρώτης θέσης και του θαλάμου οδήγησης, ενώ το βαγόνι B3 παρέμενε συνδεδεμένο και σε γωνία με το πίσω μέρος προς την τροχιά όπου τα υπόλοιπα βαγόνια σταματούσαν. Το βαγόνι B2 είναι το πρώτο αναγνωρίσιμο στα συντρίμια, αλλά κάηκε εντελώς, ενώ στο B3 υπήρχαν ορισμένες περιοχές που εμφάνιζαν τις επιπτώσεις της φωτιάς/θερμότητας (βλ. περαιτέρω ανάλυση).

Το συμβάν εκτυλίσσεται και από την άλλη πλευρά με την εμπορική αμαξοστοιχία. Τα 3 ελκόμενα οχήματα με τις λαμαρίνες συμπεριφέρονται λίγο διαφορετικά από τα άλλα οχήματα στη σύγκρουση. Όπως μπορεί να παρατηρηθεί από τη θέση των βαγονιών και των ηλεκτράμαξων, τα επίπεδα βαγόνια και οι βαριές λαμαρίνες (διαφορετικών μεγεθών, από 10-25mm - 2 έως 5 τόνοι/έλασμα) γλιστρούν κάτω από τις ηλεκτράμαξες και συνεχίζουν την πορεία τους κατά μήκος της γραμμής μέχρι να σταματήσουν μπροστά από τις ηλεκτράμαξες (Εικόνα 10).

Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδρομής, ορισμένες λαμαρίνες προσέκρουσαν σε διάφορα σημεία των βαγονιών της επιβατικής αμαξοστοιχίας, εκ των οποίων τα πιο ορατά είναι οι τομές στα πλευρικά τοιχώματα των B4 και B5. Εκτός από τις υλικές ζημιές, δεν αναφέρθηκε σχετικός τραυματισμός επιβατών. Από τα υπόλοιπα βαγόνια της εμπορικής αμαξοστοιχίας μόνο το πρώτο βαγόνι εμπορευματοκιβωτίων υπέστη ζημιές, τα υπόλοιπα 9 βαγόνια εμπορευματοκιβωτίων ήταν άθικτα με τα 2 μόνο πρώτα εμπορευματοκιβώτια να έχουν σπρωχτεί μεταξύ τους και να έχουν υποστεί μικρές ζημιές.

ΕΜΠΙΣΤΕΥΤΙΚΟΤΗΤΑ: Το παρόν έγγραφο και τυχόν συνημμένα έγγραφα είναι εμπιστευτικά και ενδέχεται να είναι απόρρητα. Μην αποκαλύπτετε το περιεχόμενό του, μην το χρησιμοποιείτε για οποιονδήποτε σκοπό και μην διανέμετε, αποθηκεύετε ή αντιγράφετε τις πληροφορίες σε οποιοδήποτε μέσο

6. Υποθέσεις για την έκρηξη και τη φωτιά

Στοιχείο 1 της υπόθεσης: δημιουργία ηλεκτρικού τόξου στον εναέριο ηλεκτροφόρο αγωγό 25kV και βραχυκύκλωμα στον μετασχηματιστή.

Ένα σημαντικό συμβάν που θα καθορίσει την περαιτέρω πορεία του ατυχήματος είναι η δημιουργία ηλεκτρικού τόξου και το βραχυκύκλωμα στον εναέριο ηλεκτροφόρο αγωγό (γραμμή καθόδου) και οι μεγάλες λάμπες που παρατηρούνται στα βίντεο, ιδίως στο βίντεο αριθ. 2, που δείχνουν ότι δημιουργήθηκαν πολλά τόξα πριν από το τελικό βραχυκύκλωμα στον αγωγό. Δεν είναι σαφές πού ακριβώς συνέβη αυτό κατά τη διάρκεια της δυναμικής του ατυχήματος που περιγράφηκε παραπάνω, αλλά όπως προαναφέρθηκε, ο στύλος αλυσοειδούς του ηλεκτροφόρου αγωγού της γραμμής καθόδου βρισκόταν στην "ζώνη πτήσης" της ηλεκτράμαξας και/ή του πρώτου βαγονιού.

Από τις εικόνες, Εικόνα 14 και Εικόνα 15, βλέπουμε ότι το σπασμένο εναέριο καλώδιο έχει παρασυρθεί μαζί με την ηλεκτράμαξα και μπορεί να εντοπιστεί στα συντρίμια του πλαισίου της ηλεκτράμαξας και του μετασχηματιστή που βρισκόταν ανάποδα με το ένα άκρο σφηνωμένο στο έδαφος.

Δεδομένου ότι η ηλεκτράμαξα εκτοξεύθηκε στον αέρα για περίπου 30 μέτρα μέχρι το πρηνές που βρισκόταν 5 μέτρα χαμηλότερα, ο εναέριος ηλεκτροφόρος αγωγός υπέστη βραχυκύκλωμα μόνο τη στιγμή που η ηλεκτράμαξα προσέκρουσε στο έδαφος. Από το βίντεο αριθ.2, μπορούμε να δούμε ότι χρειάστηκαν 2 έως 3 αναλαμπές (μπλε φως) στο ίδιο σημείο με την τελευταία να είναι η μεγαλύτερη πριν ο εναέριος ηλεκτροφόρος αγωγός (25kV) απενεργοποιηθεί² (βλ. Εικόνα 5 και Εικόνα 6).

Οι λάμπες του ηλεκτρικού τόξου διαρκούν περίπου 100 έως 200msec και μπορούν να δημιουργήσουν θερμοκρασίες άνω των 5000°C³ και να δημιουργήσουν ένα μπλε φως λόγω του ιονισμού του αέρα, η τελευταία αστραπή με περισσότερο κίτρινο/πορτοκαλί χρώμα είναι η αρχή της έκρηξης.

Στοιχείο 2 της υπόθεσης: θέση του βραχυκυκλώματος

Από την εικόνα του μετασχηματιστή, Εικόνα 17, μπορούμε να αναγνωρίσουμε ένα πιθανό σημείο (σημειωμένο με μπλε χρώμα) κοντά στην οπή της έκρηξης, όπου θα μπορούσε να έχει σημειωθεί το βραχυκύκλωμα στον μετασχηματιστή. Απαιτείται λεπτομερέστερη ανάλυση για να επιβεβαιωθεί αυτό, αλλά καθώς το σημείο αυτό βρισκόταν στον πυρήνα της επακόλουθης έκρηξης και πυρκαγιάς/θερμότητας (βλ. παρακάτω), τα περισσότερα στοιχεία του βραχυκυκλώματος κάηκαν/έλιωσαν.

² Ο εναέριος ηλεκτροφόρος αγωγός τροφοδοτούσε τη στιγμή του ατυχήματος τουλάχιστον 3 ηλεκτράμαξες των 6,2MVA η καθεμία. Πριν από την απενεργοποίηση του αγωγού, ο σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας προσπάθει συνήθως να επαναφέρει αυτόματα την ενέργεια στη γραμμή μία ή δύο φορές πριν από την πλήρη απενεργοποίηση της ηλεκτρικής ενέργειας (προς επιβεβαίωση από τον διαχειριστή του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας).

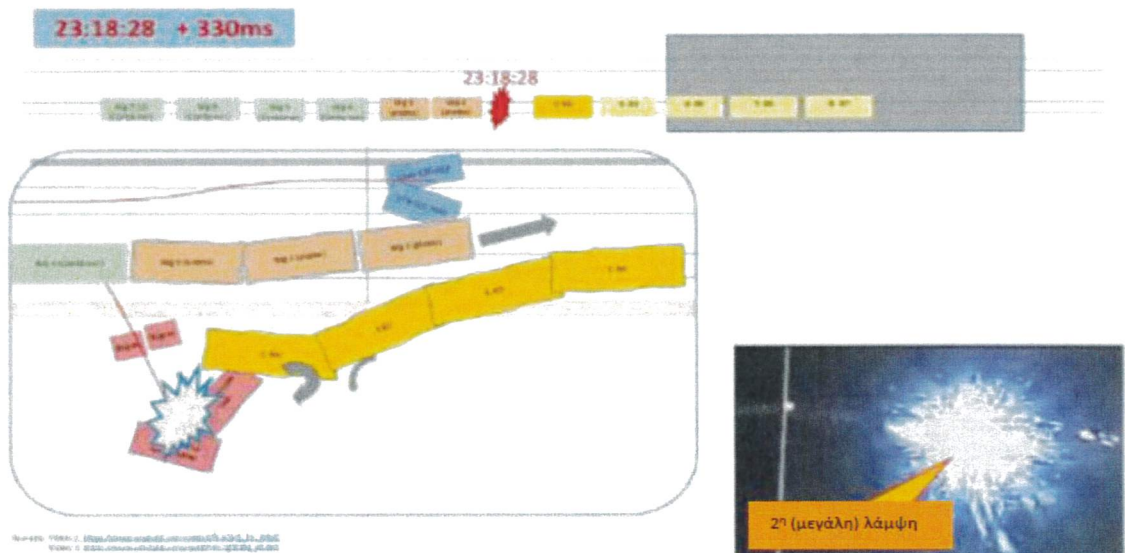
³ Το ηλεκτρικό τόξο εμφανίζεται όταν το ηλεκτρικό ρεύμα γίνεται ανεξέλεγκτο και διαπερνά ένα κενό αέρα μεταξύ αγωγών σε μια προσπάθεια να "πηδήξει" από τον έναν αγωγό στον άλλο ή στη γη. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την απελευθέρωση ηλεκτρικής ενέργειας που ιονίζει τον περιβάλλοντα αέρα, παράγοντας τεράστια ποσότητα φωτός, θερμότητας και ήχου. Οι θερμοκρασίες ενός ηλεκτρικού τόξου μπορούν να φτάσουν από 2.800 (χαμηλή τάση) έως 19.000 °C (πολύ υψηλή τάση). (<https://www.electricityforum.com/iep/arc-flash/arc-flash-temperature κ.αλ.>)

ΕΜΠΙΣΤΕΥΤΙΚΟΤΗΤΑ: Το παρόν έγγραφο και τυχόν συνημμένα έγγραφα είναι εμπιστευτικά και ενδέχεται να είναι απόρρητα. Μην αποκαλύπτετε το περιεχόμενό του, μην το χρησιμοποιείτε για οποιονδήποτε σκοπό και μην διανέμετε, αποθηκεύετε ή αντιγράφετε τις πληροφορίες σε οποιοδήποτε μέσο

Στοιχείο 3 της υπόθεσης: Η θέση του μετασχηματιστή αντιστοιχεί στις εικόνες της έκρηξης και της πυρκαγιάς στο βίντεο



Σχήμα 5: Πρώτο ηλεκτρικό τόξο στην εναέρια γραμμή του ηλεκτροφόρου αγωγού

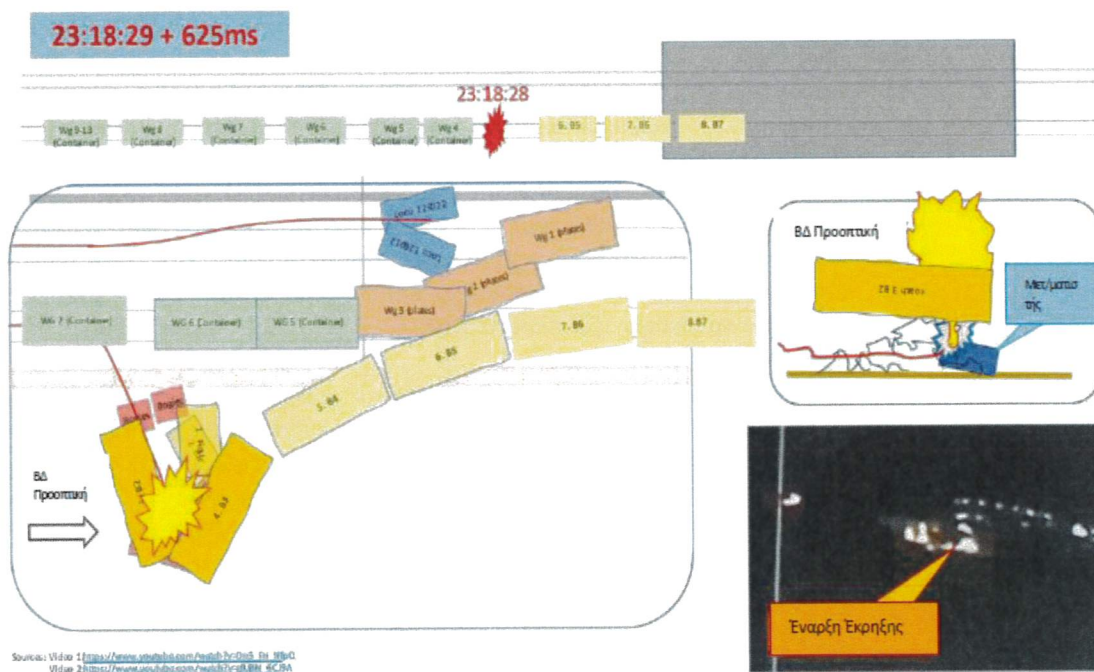


Σχήμα 6: Δεύτερο ηλεκτρικό τόξο στην εναέρια γραμμή του ηλεκτροφόρου αγωγού

ΕΜΠΙΣΤΕΥΤΙΚΟΤΗΤΑ: Το παρόν έγγραφο και τυχόν συνημμένα έγγραφα είναι εμπιστευτικά και ενδέχεται να είναι απόρρητα. Μην αποκαλύπτετε το περιεχόμενό του, μην το χρησιμοποιείτε για οποιονδήποτε σκοπό και μην διανέμετε, αποθηκεύετε ή αντιγράφετε τις πληροφορίες σε οποιοδήποτε μέσο

Οι 2-3 λάμπες του ηλεκτρικού τόξου από το βραχυκύκλωμα υψηλής τάσης που παρατηρούνται στο βίντεο αριθ.2 συμβαίνουν όλες στην ίδια θέση ενώ αμέσως μετά την τελευταία και μεγαλύτερη λάμψη του βραχυκυκλώματος συνέβη η έκρηξη. Εξετάζοντας το βίντεο σε αργή κίνηση, μπορούμε να δούμε ότι η τελευταία λάμψη των σπινθήρων του βραχυκυκλώματος ανέρχεται και σβήνει ενώ από κάτω γίνεται ορατό το φως της έκρηξης.

Ενδιαφέρον είναι παρατηρήσει κανείς ότι το φως γίνεται ορατό πίσω από ένα αντικείμενο, ανάλογα με τη θέση της κάμερας (η ακριβής θέση είναι άγνωστη αυτή τη στιγμή), αυτό θα πρέπει πιθανότατα να είναι το βαγόνι B2. Αυτή είναι η θέση όπου ο μετασχηματιστής κείται στο έδαφος στη γωνία μεταξύ του βαγονιού B2 και του βαγονιού B3. Και τα δύο βρίσκονται περίπου 3 μέτρα ψηλότερα πάνω στα συντρίμια της ηλεκτράμαξας και των πρώτων βαγονιών.



Σχήμα 7: Αποτύπωση έναρξης έκρηξης

Στοιχείο 4 της υπόθεσης: Αρκετές ενδείξεις δείχνουν ότι ο μετασχηματιστής και πιο συγκεκριμένα το ψυκτικό υγρό είναι η κύρια πηγή της έκρηξης και της πυρκαγιάς

Ερευνώντας λεπτομερέστερα το δοχείο του μετασχηματιστή, είναι δυνατό να βρούμε περισσότερα στοιχεία σχετικά με την βασική αιτία της έκρηξης και της πυρκαγιάς για να υποστηρίξουμε περαιτέρω την υπόθεση,

- Στο δοχείο του μετασχηματιστή, μπορούμε να δούμε στην εικόνα Εικόνα 16 μια οπή με τα χαλύβδινα ελάσματα λυγισμένα προς τα έξω, γεγονός που υποδηλώνει ότι το δοχείο του μετασχηματιστή έσκασε από μια έκρηξη στο εσωτερικό του. Δεδομένου του πάχους του χάλυβα (5 χιλ.) του δοχείου, η οπή θα πρέπει να προκλήθηκε από μια αρκετά μεγάλη έκρηξη.
- Το δοχείο του μετασχηματιστή (κατασκευής Siemens) περιέχει περίπου 2,4 τόνους ψυκτικού υγρού, ένα προϊόν πολυδιμεθυλικής σιλικόνης, το οποίο έχει σημείο ανάφλεξης σε θερμοκρασίες > 300 °C και σημείο καύσης > 350 °C. Με το ηλεκτρικό τόξο στην αλυσοειδή γραμμή επαφής και το βραχυκύκλωμα στο δοχείο του μετασχηματιστή ή αν όχι τότε κοντά στον μετασχηματιστή με το υγρό να έχει ήδη διαρρεύσει, οι 2,4 τόνοι υγρό θα έφταναν γρήγορα στο σημείο ανάφλεξης και καύσης οδηγώντας σε έκρηξη (τα ηλεκτρικά τόξα των συστημάτων υψηλής τάσης φτάνουν εύκολα τους 5000°C). Βλ. αναφορά στο φύλλο δεδομένων: Bayer Baysilone Fluids M 50 EL. Επιπλέον, οι πυκνωτές του μετασχηματιστή, που υπέστησαν ζημιά λόγω της σύγκρουσης, θα μπορούσαν επίσης να έχουν δημιουργήσει πρόσθετα βραχυκυκλώματα και έκρηξη (βλ. περαιτέρω).
- Στη θέση της έκρηξης στο δοχείο του μετασχηματιστή, μπορούμε να δούμε στην απόχρωση του χρώματος τη διαφορετική θερμοκρασία που είχε ο χάλυβας γύρω από την οπή. Ένα έλασμα έχει λυγίσει προς τα κάτω, υποδεικνύοντας πολύ υψηλή θερμοκρασία (> 600 °C). Η διαφορετική χρωματική απόχρωση δείχνει επίσης ότι η πηγή της φωτιάς βρισκόταν σε αυτό το άνοιγμα και η φωτιά έκαιγε σαν ένα είδος "καυστήρα Bunsen". Επίσης, η αιθάλη είναι ορατή σε αυτό το σημείο υποδεικνύοντας μια διαρκέστερη εστία, όπως φαίνεται στην περιοχή που είναι σημειωμένη με κόκκινο στην Εικόνα 17.
- Το κάλυμμα των πυκνωτών φίλτρου δικτύου στην ίδια θέση έκρηξης φαίνεται επίσης να έχει ανατιναχθεί, καθώς δεν μπορεί να βρεθεί ούτε βίδα ούτε μέρος του καλύμματος, παρά το γεγονός ότι ήταν στερεωμένο με 26 μπουλόνια M10 και ούτε ο ίδιος ο πυκνωτής ούτε η στερέωση του πυκνωτή έχουν υποστεί μεγάλη μηχανική καταστροφή (λευκό πλαίσιο στην Εικόνα 19).
- Το άλλο σημείο του ίδιου κιβωτίου του μετασχηματιστή / πλαισίου της ηλεκτράμαξας έχει υποστεί βαρύτατη μηχανική καταστροφή, ακόμη και η άρθρωση μεταξύ του αμαξώματος και του φορείου είναι λυγισμένη μέσα εντός αυτής της περιοχής, αλλά φέρει σημάδια πυρκαγιάς που είναι πολύ λιγότερο έντονα, βασικά μαυρισμένη αιθάλη ενώ ακόμη και κάποιο χρώμα βαφής είναι ακόμη ορατό (βλ. Εικόνα 22). Θα πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι αυτό το τμήμα του μετασχηματιστή βρισκόταν εν μέρει χωμένο στο έδαφος, ενώ το άλλο άκρο (σημείο της οπής έκρηξης) βρισκόταν ελαφρώς στον αέρα.

ΕΜΠΙΣΤΕΥΤΙΚΟΤΗΤΑ: Το παρόν έγγραφο και τυχόν συνημμένα έγγραφα είναι εμπιστευτικά και ενδέχεται να είναι απόρρητα. Μην αποκαλύπτετε το περιεχόμενό του, μην το χρησιμοποιείτε για οποιονδήποτε σκοπό και μην διανέμετε, αποθηκεύετε ή αντιγράφετε τις πληροφορίες σε οποιοδήποτε μέσο

- Παρά την σημαντικότητα έκρηξη και την παρατεταμένη πυρκαγιά, τα συντρίμια γύρω από τον μετασχηματιστή και σε μια ευρύτερη περιοχή στο έδαφος δεν έχουν σημάδια φωτιάς, καθώς το χρώμα ορισμένων τμημάτων του οχήματος είναι ακόμη ορατό. Μόνο τα τμήματα ακριβώς πάνω από την εστία έχουν καεί (Εικόνα 9 και Εικόνα 21 Εικόνα 20). Αυτό επιβεβαιώνει ότι η πυρκαγιά ήταν σφοδρή αλλά πολύ εντοπισμένη και τροφοδοτήθηκε από το ψυκτικό υγρό του μετασχηματιστή που βγήκε από το δοχείο μέσω της οπής έκρηξης σε ένα είδος πυρκαγιάς τύπου "καυστήρα Bunsen". Το χαμηλότερο επίπεδο των συντριμμίων παρείχε αέρα/οξυγόνο στη φωτιά από κάτω.
- Το γεγονός ότι το βαγόνι B2, που βρισκόταν περίπου 3 μέτρα πάνω από τα άλλα συντρίμια, κάηκε εξολοκλήρου, οφείλεται στο γεγονός ότι κάποιο τμήμα του βαγονιού βρισκόταν ακριβώς πάνω από τη ζώνη φωτιάς του μετασχηματιστή. Η φωτιά στη συνέχεια εξαπλώθηκε οριζόντια σε όλο το βαγόνι μέσω των υλικών (εσωτερικών επενδύσεων, καθισμάτων, ...) του ίδιου του βαγονιού και τελικά τροφοδοτήθηκε από άλλα εύφλεκτα υγρά από μπαταρίες και ψυκτικά μέσα κλιματιστικών (βλ. παρακάτω). Το βαγόνι B3, αν και επίσης δεν απέχει πολύ από την εστία προέλευσης, εμφανίζει κάποια σημάδια φωτιάς και εξάπλωσης κοντά στη θέση του μετασχηματιστή, χωρίς όμως να έχει πάρει φωτιά.
- Η βάση του δοχείου του μετασχηματιστή, που μετά τη συντριβή βρέθηκε προς τα πάνω, παρουσιάζει σε ολόκληρη την επιφάνεια έντονες θερμικές παραμορφώσεις και διαφορετικές χρωματικές αποχρώσεις που υποδεικνύουν τη θέση της πηγής της πυρκαγιάς και τις υψηλές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια μιας μεγαλύτερης χρονικής περιόδου (βλ. Εικόνα 20 Εικόνα 18).

Άλλη πιθανή πηγή κύριας και δευτερεύουσας έκρηξης και πυρκαγιάς:

Μια δεύτερη πιθανότητα ανάφλεξης εκτός από το βραχυκύκλωμα στον εναέριο ηλεκτροφόρο αγωγό θα μπορούσε να είναι το βραχυκύκλωμα των πυκνωτών φίλτρου γραμμής και των πυκνωτών μετατροπέα έλξης, που οι μεν ήταν εγκατεστημένοι στον μετασχηματιστή και οι δε στο μηχανοστάσιο. Κατά τη διάρκεια της σύγκρουσης και της κατάρρευσης του πλαισίου της ηλεκτράμαξας μπορούμε να υποθέσουμε με μεγάλη πιθανότητα ότι και αυτά τα στοιχεία υπέστησαν βλάβη και δημιούργησαν βραχυκυκλώματα με εκρήξεις και λάμπεις. Η ενέργεια που αποθηκεύεται σε αυτά τα στοιχεία είναι πιο προσωρινή (δευτερόλεπτα) και όχι του ίδιου μεγέθους με εκείνη του εναέριου ηλεκτροφόρου αγωγού, αλλά επαρκής για να δημιουργήσει έκρηξη και ή να τροφοδοτήσει τις υπάρχουσες πυρκαγιές.

Αν υποθέσουμε για μια στιγμή ότι το βραχυκύκλωμα υψηλής τάσης που φαίνεται στα βίντεο δεν συμβαίνει στον ίδιο τον μετασχηματιστή ή αργότερα, τότε η έκρηξη του πυκνωτή γραμμής και του κατεστραμμένου κιβωτίου του μετασχηματιστή θα μπορούσε να οδηγήσει με το ψυκτικό υγρό σε μια εσωτερική μεγαλύτερη έκρηξη και να δημιουργήσει την οπή από όπου καιγόταν η φωτιά όπως περιγράφεται παραπάνω. Όπως μπορούμε να δούμε από το βίντεο αριθ. 2, το πιθανότερο είναι ότι η έκρηξη από αυτά τα στοιχεία τροφοδότησε την ήδη υπάρχουσα έκρηξη και πυρκαγιά ή ότι συνέβαινε λίγο-πολύ ταυτόχρονα.

Αν ληφθεί υπόψη ότι ο ίδιος εξοπλισμός είναι εγκατεστημένος και στις δύο εμπορικές

ΕΜΠΙΣΤΕΥΤΙΚΟΤΗΤΑ: Το παρόν έγγραφο και τυχόν συνημμένα έγγραφα είναι εμπιστευτικά και ενδέχεται να είναι απόρρητα. Μην αποκαλύπτετε το περιεχόμενό του, μην το χρησιμοποιείτε για οποιονδήποτε σκοπό και μην διανέμετε, αποθηκεύετε ή αντιγράφετε τις πληροφορίες σε οποιοδήποτε μέσο

ηλεκτράμαξες, οι οποίες έχουν επίσης υποστεί σοβαρές ζημιές, δεν συνέβη παρόμοια έκρηξη ή πυρκαγιά.

Άλλα δομικά στοιχεία της ηλεκτράμαξας και των βαγονιών περιέχουν επίσης υγρά που είναι εύφλεκτα ή εκρηκτικά όταν εκτίθενται σε υψηλές θερμοκρασίες. Τα πιο σημαντικά που πρέπει να αναφερθούν σχετικά με αυτό το θέμα είναι τα εξής,

Ηλεκτράμαξα:

- Μπαταρίες Ni-Cd: Horphecke - τύπου FNC142LR - 142 Ah – 110V, 72 στοιχεία συσσωρευτή μοιρασμένα σε 2 κιβώτια ανά ηλεκτράμαξα – 66,24 λίτρα (18-30% υδροξείδιο του καλίου (KOH)) ως ηλεκτρολύτης με προσθήκη υδροξειδίου του λιθίου (LiOH). - όταν υπερθερμαίνονται, παράγουν εκρηκτικό και εύφλεκτο αέριο υδρογόνο. Τα 2 κιβώτια των μπαταριών είναι εγκατεστημένα ακριβώς δίπλα στον μετασχηματιστή. Δεν είναι σαφές αν τα κιβώτια των μπαταριών ήταν ακόμα συναρμολογημένα στο πλαίσιο της βάσης και τον μετασχηματιστή ή είχαν ήδη αποκολληθεί πριν από την προσγείωση λόγω του μεγάλου βάρους και των επιταχύνσεων. Στην πρώτη περίπτωση θα προσέθεταν επίσης φορτίο έκρηξης και πυρκαγιάς. Στα συντρίμια δεν είναι πλέον ορατά.
- Μετατροπέας έλξης: Ο μετατροπέας έλξης που είναι εγκατεστημένος στο μηχανοστάσιο της ηλεκτράμαξας ψύχεται με 720 λίτρα 3M Fluorinert™ Ηλεκτρονικό υγρό FC-3284. Το υγρό ταξινομείται ως μη επικίνδυνο (δεν χαρακτηρίζεται ως επικίνδυνο σύμφωνα με το πρότυπο OSHA 29 CFR 1910.1200). Δεν έχει σημείο ανάφλεξης ή καύσης (ευφλεκτότητα), αλλά υπό ακραίες συνθήκες θερμότητας μπορούν να παραχθούν τοξικά προϊόντα αποσύνθεσης, όπως φθοριούχο υδρογόνο και υπερφθοριοϊσοβουτυλένιο. Το φθοριούχο υδρογόνο αντιδρά με μέταλλα όπως ο χάλυβας και παράγει εύφλεκτο και εκρηκτικό αέριο υδρογόνο. Δεδομένου ότι ο μετατροπέας έλξης είναι πλήρως κατακερματισμένος, δεν είμαστε σίγουροι πού διέρρευσε το ψυκτικό υγρό στο περιβάλλον, αλλά πιθανότατα όχι στη θέση του μετασχηματιστή, αλλά αυτή η φωτιά του ψυκτικού υγρού θα μπορούσε να είναι δευτερεύουσα της κύριας πυρκαγιάς.

Βαγόνια

- Μπαταρίες Ni-Cd: Saft τύπου SRM – 24 volt – ένα κιβώτιο ανά βαγόνι στο πλαίσιο της βάσης - 104,4 λίτρα ηλεκτρολύτη με τα ίδια χαρακτηριστικά και συμπεριφορά που εξηγήθηκαν παραπάνω για τις μπαταρίες Ni-Cd της ηλεκτράμαξας. Πιθανότατα τα στοιχεία των συσσωρευτών του βαγονιού της πρώτης θέσης, του κυλικίου και του βαγονιού B2 βρίσκονται στα συντρίμια των βαγονιών όπου δεν εκδηλώθηκε καμία ή εκδηλώθηκε περιορισμένη πυρκαγιά, μακριά από το θερμό σημείο της πυρκαγιάς.
- Ο ηλεκτρολύτης είναι επικίνδυνος σε επαφή με το δέρμα και μπορεί να προκαλέσει σοβαρό τραυματισμό, ενώ σε επαφή με τα μάτια μπορεί να οδηγήσει ακόμη και σε μόνιμη βλάβη. Οι διασώστες και οι πυροσβέστες ανέφεραν επιθετικά υγρά που έπεφταν σε ένα από τα βαγόνια (B3;), αυτό προέρχεται πιθανότατα από τον ηλεκτρολύτη της μπαταρίας που χύθηκε ή αναμίχθηκε με νερό πυρόσβεσης (το κουτί της μπαταρίας είναι εγκατεστημένο στο πλαίσιο της βάσης που ανατράπηκε στα συντρίμια).
- Ψυκτικό μέσο κλιματιστικών (1 της ομάδας HVAC - 22,4 λίτρα ανά βαγόνι στο πλαίσιο της βάσης)- Το ψυκτικό μέσο λειτουργεί συνήθως υπό υψηλή πίεση στα συστήματα εξαερισμού και κλιματισμού (HVAC). Το χρησιμοποιούμενο ψυκτικό μέσο R-134a

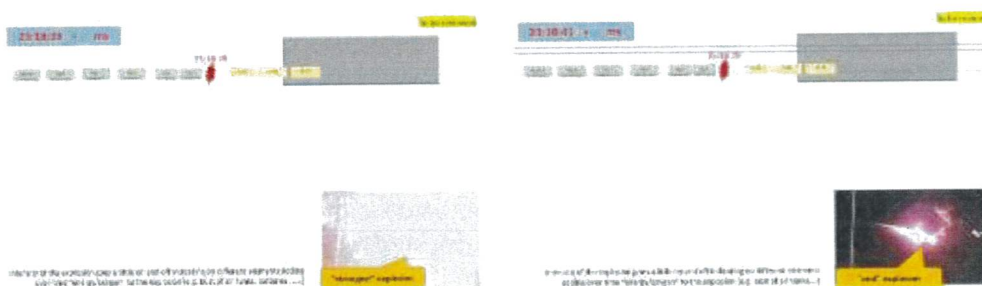
ΕΜΠΙΣΤΕΥΤΙΚΟΤΗΤΑ: Το παρόν έγγραφο και τυχόν συνημμένα έγγραφα είναι εμπιστευτικά και ενδέχεται να είναι απόρρητα. Μην αποκαλύπτετε το περιεχόμενό του, μην το χρησιμοποιείτε για οποιονδήποτε σκοπό και μην διανέμετε, αποθηκεύετε ή αντιγράφετε τις πληροφορίες σε οποιοδήποτε μέσο

(τετραφθοροαιθάνιο) δεν είναι εύφλεκτο σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος και σε ατμοσφαιρική πίεση. Ωστόσο, το υλικό αυτό θα καταστεί εύφλεκτο όταν αναμιχθεί με αέρα υπό πίεση και εκτεθεί σε ισχυρή πηγή ανάφλεξης. Η επαφή με ορισμένα αντιδραστικά μέταλλα μπορεί να οδηγήσει σε σχηματισμό εκρηκτικών ή εξώθερμων αντιδράσεων υπό ειδικές συνθήκες (π.χ. πολύ υψηλές θερμοκρασίες ή/και κατάλληλες πιέσεις). (Αναφορά: Δελτίο δεδομένων ασφαλείας R134a).

Αναμιγνύονται εύκολα με τον αέρα και εξατμίζονται σε χαμηλότερες συγκεντρώσεις, αλλά σε πρώτες περιπτώσεις θα μπορούσε να αναπτυχθεί δευτερογενής πυρκαγιά από πηγή ανάφλεξης κοντά σε διαρροή του ψυκτικού μέσου. Δεδομένου ότι οι μονάδες κλιματισμού από τα πρώτα βαγόνια δεν βρέθηκαν στα συντρίμια, δεν είναι βέβαιο αν συνέβαλαν σε μια δευτερογενή πυρκαγιά.

Εκτός από τα εύφλεκτα υλικά, και οι δεξαμενές πεπιεσμένου αέρα για τα pneυματικά συστήματα / συστήματα πέδησης μπορούν να συμβάλουν στην έκρηξη και την πυρκαγιά παρέχοντας αέρα/οξυγόνο υπό υψηλή πίεση στη φωτιά. Υπάρχουν αρκετές μικρότερες και μεγαλύτερες δεξαμενές πεπιεσμένου αέρα σε κάθε ηλεκτράμαξα, οι σημαντικότερες που πρέπει να αναφερθούν εδώ είναι 2 δεξαμενές αέρα των 150 λίτρων, μία των 800 λίτρων και μία των 80 λίτρων. Δεν βρέθηκαν στα συντρίμια της επιβατικής ηλεκτράμαξας, οπότε δεν μπορούμε να είμαστε σίγουροι αν και κατά πόσο αυτό συνέβαλε στην εξάπλωση της πυρκαγιάς.

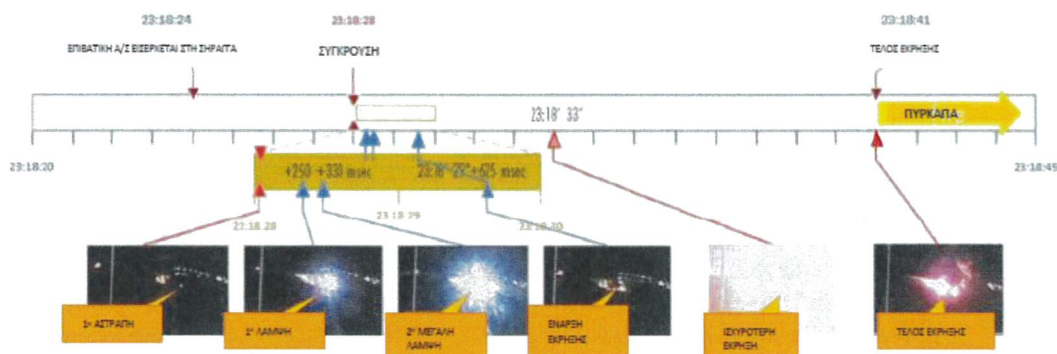
Μπορούμε να δούμε στο βίντεο ότι μετά την πρώτη μεγάλη έκρηξη για περισσότερο από 10 δευτερόλεπτα σημειώθηκαν αρκετές μεγαλύτερες και μικρότερες εκρήξεις, εκ νέου αναφλέξεις, πιθανότατα από τις προαναφερόμενες πηγές.



Σχήμα 8: Μέσο και τέλος έκρηξης στο βίντεο

7. Συμπέρασμα

Αναλύοντας τις μαγνητοσκοπήσεις των 2 καμερών παρακολούθησης (νυχτερινές εικόνες) μπορούμε να συμπεράνουμε το χρόνο των πιο σημαντικών συμβάντων και να τα ταυρίσουμε με τις εικόνες του τόπου του ατυχήματος και των συντριμμίων.



Το συμπέρασμα υποστηρίζεται από τα ακόλουθα στοιχεία και τις περιγραφόμενες ενδείξεις:

- τη θέση του εναέριου ηλεκτροφόρου αγωγού στα συντρίμια.
- τις λάμπες των βραχυκυκλωμάτων του εναέριου ηλεκτροφόρου αγωγού, πολύ ορατές στο βίντεο αριθ. 2, που συνέβησαν όλες σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα και στο ίδιο σημείο όπου η έκρηξη και η πυρκαγιά έλαβαν χώρα αμέσως μετά.
- τα ηλεκτρικά τόξα σε συστήματα υψηλής τάσης που μπορούν να φτάσουν σε θερμοκρασία έως και 5000 °C.
- την οπή έκρηξης στο δοχείο του μετασχηματιστή και την αιθάλη σε αυτό το σημείο που υποδεικνύουν μια έντονη και διαρκέστερη εστία.
- το δοχείο του μετασχηματιστή έχει το μεγαλύτερο φορτίο πυρκαγιάς στην ηλεκτράμαξα με 2,4 τόνους ψυκτικό υγρό με σημείο ανάφλεξης και καύσης μεταξύ 300 και 400°C,
- οι χρωματικές αποχρώσεις και η θερμική παραμόρφωση του δοχείου του μετασχηματιστή υποδεικνύουν ότι εκεί ήταν η προέλευση της πυρκαγιάς με πολύ υψηλές θερμοκρασίες και ότι διήρκεσε μέχρι να καεί το ψυκτικό υγρό.
- ο περίγυρος των συντριμμίων δείχνει ότι το δοχείο του μετασχηματιστή (που βρισκόταν ανάποδα στο έδαφος) ήταν η εντοπισμένη/μοναδική κύρια εστία της φωτιάς, ένα είδος πυρκαγιάς "καυστήρα Bunsen" που έπαιρνε οξυγόνο από κάτω με επακόλουθη επέκταση στο λεωφορείο B2 που βρισκόταν στο πάνω μέρος των συντριμμίων.

Με εύλογα υψηλή πιθανότητα μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η έκρηξη ήταν αποτέλεσμα των ηλεκτρικών τόξων και του βραχυκυκλώματος της αλυσοειδούς γραμμής επαφής που συνέβησαν πολύ κοντά ή πάνω στον μετασχηματιστή, με τελικά πρόσθετα βραχυκυκλώματα των πυκνωτών, δημιουργώντας ανάφλεξη και έκρηξη του ψυκτικού υγρού το οποίο στη συνέχεια κάηκε (2,4 τόννοι) μέχρις εξάντλησης.

ΕΜΠΙΣΤΕΥΤΙΚΟΤΗΤΑ: Το παρόν έγγραφο και τυχόν συνημμένα έγγραφα είναι εμπιστευτικά και ενδέχεται να είναι απόρρητα. Μην αποκαλύπτετε το περιεχόμενό του, μην το χρησιμοποιείτε για οποιονδήποτε σκοπό και μην διανέμετε, αποθηκεύετε ή αντιγράφετε τις πληροφορίες σε οποιοδήποτε μέσο

Το βαγόνι B2 κάηκε εντελώς, επειδή ένα τμήμα του βαγονιού βρισκόταν ακριβώς πάνω από τη ζώνη πυρκαγιάς του μετασχηματιστή. Στη συνέχεια, η φωτιά εξαπλώθηκε οριζόντια σε ολόκληρο το βαγόνι μέσω των υλικών (εσωτερικού, καθισμάτων, ...) του ίδιου του βαγονιού και τελικά τροφοδοτήθηκε από άλλα εύφλεκτα υγρά από μπαταρίες και ψυκτικά μέσα κλιματιστικών.

Η έκρηξη και η πυρκαγιά είναι μια ατυχής σύμπτωση με το γεγονός ότι η αλυσοειδής γραμμή επαφής βραχυκυκλώθηκε πάνω ή κοντά στον μετασχηματιστή.

8. Διδάγματα και συστάσεις σχετικά με το τροχαίο υλικό.

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω γεγονότα και στοιχεία από την καταστροφή, δεν υπάρχει κανένα ή είναι ελάχιστα τα αρχιτεκτονικά στοιχεία, η κατασκευή ή τεχνική βελτίωση του οχήματος, ή δραστηριότητα συναφής με τη συντήρηση ή τη λειτουργία των συρμών επί του οχήματος που θα μπορούσαν να μειώσουν τον κίνδυνο επανάληψης, ή τα στοιχεία που θα μπορούσαν να μειώσουν τις επιπτώσεις υπό τις ίδιες συνθήκες και περιστάσεις. Τα απαραίτητα συστήματα ελέγχου αμαξοστοιχιών (ERTMS/ETCS) είναι εγκατεστημένα εδώ και μερικά χρόνια, αλλά είναι σε αναμονή του εκ νέου ελέγχου της υποδομής και της θέσης τους σε λειτουργία.

Οι δυνάμεις κατά τη σύγκρουση ήταν τέτοιες που καμία σχεδιαστική λύση δεν μπορεί να αντέξει ή να αποφύγει την αποσύνθεση των ηλεκτραμαγμών και των βαγονιών. Επίσης, η έκρηξη και η πυρκαγιά δεν ήταν και δεν είναι δυνατόν να αποφευχθούν υπό τις δεδομένες συνθήκες και περιστάσεις ούτε μπορούν να περιοριστούν με τις υπάρχουσες τεχνικές λύσεις (π.χ. συστήματα πυρανίχνευσης και πυρόσβεσης).

Τα πιο πρόσφατα διεθνή πρότυπα τροχαίου υλικού (Τεχνικές Προδιαγραφές Διαλειτουργικότητας - TSI) βελτιώνουν την αντοχή των τρένων σε περίπτωση σύγκρουσης και μειώνουν τους κινδύνους πυρκαγιάς και καπνού, αλλά αυτά δεν μπορούν να εφαρμοστούν λογικά εκ των υστέρων και δεν θα μείωναν ή θα μείωναν πολύ περιορισμένα τις ανθρώπινες και υλικές επιπτώσεις στις δεδομένες συνθήκες σύγκρουσης.

Η κύρια αιτία είναι σαφώς εκτός του πεδίου της παρούσας έκθεσης και σχετίζεται με την υποδομή και το σύστημα και τις διαδικασίες διαχείρισης του ελέγχου των αμαξοστοιχιών που επέτρεψαν τη λειτουργία δύο αμαξοστοιχιών για μεγάλο χρονικό διάστημα στην ίδια γραμμή.

Χωρίς να εκφέρουμε καμία κρίση και πάλι σαφώς εκτός του πεδίου της παρούσας έκθεσης, μια προσωρινή σύσταση θα μπορούσε να είναι η μείωση της λειτουργικής ταχύτητας μιας αμαξοστοιχίας που επαναδρομολογείται σε αντίθετη γραμμή, εφόσον δεν λειτουργεί πλήρως λειτουργικό σύστημα διαχείρισης αμαξοστοιχιών (ETCS / ERTMS) και η κατ'αυτόν τον τρόπο μείωση της κινηματικής ενέργειας και των καταστροφικών δυνάμεων σε μια ενδεχόμενη σύγκρουση (κινηματική ενέργεια = τετράγωνο της ταχύτητας).

9. Εικόνες

Εικόνες που χρησιμοποιήθηκαν στην έκθεση

(Κάντε Ctrl + click πάνω στην αναφορά στο κείμενο για να επιλέξετε αυτομάτως την σχετική εικόνα ακολουθώντας)



Εικόνα 9: Άποψη από drone των ηλεκτραμαξών της εμπορικής και της επιβατικής αμαξοστοιχίας (στιγμιότυπο οθόνης από βίντεο ABCNL news)



Εικόνα 10: Γενική άποψη των θέσεων των οχημάτων μετά την σύγκρουση

ΕΜΠΙΣΤΕΥΤΙΚΟΤΗΤΑ: Το παρόν έγγραφο και τυχόν συνημμένα έγγραφα είναι εμπιστευτικά και ενδέχεται να είναι απόρρητα. Μην αποκαλύπτετε το περιεχόμενό του, μην το χρησιμοποιείτε για οποιονδήποτε σκοπό και μην διανέμετε, αποθηκεύετε ή αντιγράφετε τις πληροφορίες σε οποιοδήποτε μέσο

Έκθεση Διερεύνησης Ατυχήματος

Έγγραφο: ΥC23-010 αναθ. Τελικό-Δημοσιευμένο



Εικόνα 11: Στόλος αλυσσοειδούς γραμμής επαφής της γραμμής καθόδου role κάτω από την εμπορική ηλεκτράμαξα (2023-03-01 16.46.00.jpg)



Εικόνα 12: Η αλυσσοειδής γραμμή επαφής κάτω από την εμπορική ηλεκτράμαξα (20230301-105223.jpg & 20230301-034238.jpg)

ΕΜΠΙΣΤΕΥΤΙΚΟΤΗΤΑ: Το παρόν έγγραφο και τυχόν συνημμένα έγγραφα είναι εμπιστευτικά και ενδέχεται να είναι απόρρητα. Μην αποκαλύπτετε το περιεχόμενό του, μην το χρησιμοποιείτε για οποιονδήποτε σκοπό και μην διανέμετε, αποθηκεύετε ή αντιγράφετε τις πληροφορίες σε οποιοδήποτε μέσο



Εικόνα 13: Ηλεκτράμαξες εμπορικής αμαξοστοιχίας – Εξακολουθούν να είναι συνδεδεμένες ηλεκτρικά (βύσματα UIC) (20230301-071311.jpg)



Εικόνα 14: Μετασχηματιστής της Η/Α 120 023 όπου φαίνεται η αλυσοειδής γραμμή επαφής πάνω στον μετασχηματιστή - αρχείο: 20230305_184147.jpg

ΕΜΠΙΣΤΕΥΤΙΚΟΤΗΤΑ: Το παρόν έγγραφο και τυχόν συνημμένα έγγραφα είναι εμπιστευτικά και ενδέχεται να είναι απόρρητα. Μην αποκαλύπτετε το περιεχόμενό του, μην το χρησιμοποιείτε για οποιονδήποτε σκοπό και μην διανέμετε, αποθηκεύετε ή αντιγράφετε τις πληροφορίες σε οποιοδήποτε μέσο

Έκθεση Διερεύνησης Ατυχήματος

Έγγραφο: ΥC23-010 αναθ. Τελικό-Δημοσιευμένο

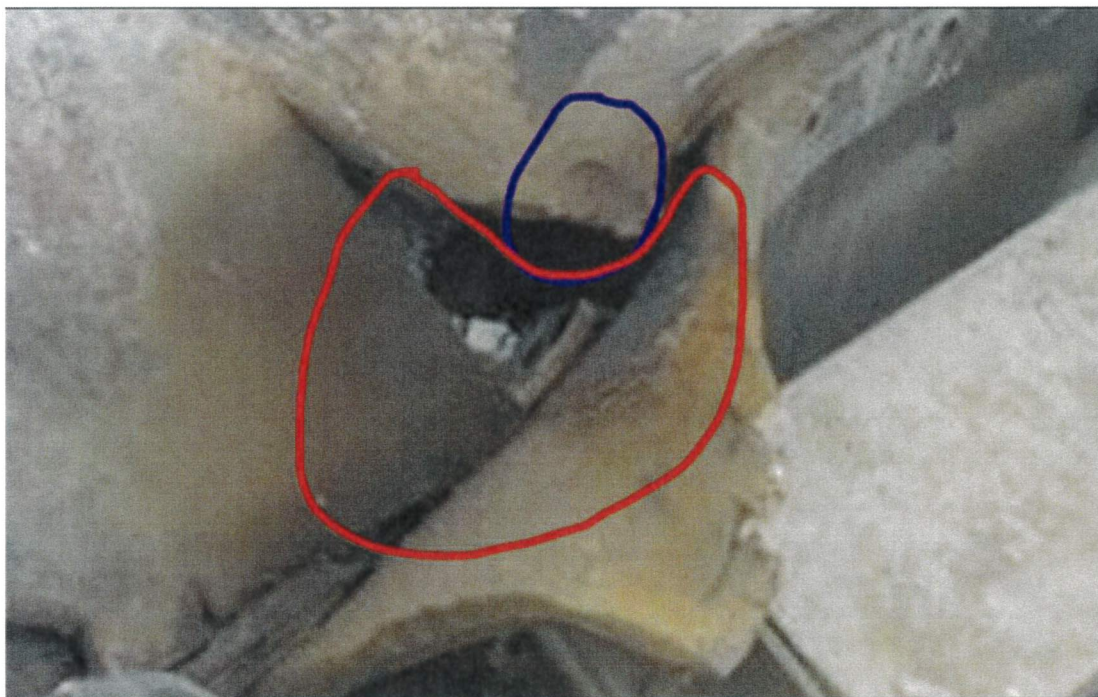


Εικόνα 15: Ο μετασχηματιστής της Η/Α 120-023 με συγκεντρωμένη την αλυσοειδή γραμμή επαφής. Απόσπασμα από αρχείο 230307_123525.jpg

ΕΜΠΙΣΤΕΥΤΙΚΟΤΗΤΑ: Το παρόν έγγραφο και τυχόν συνημμένα έγγραφα είναι εμπιστευτικά και ενδέχεται να είναι απόρρητα. Μην αποκαλύπτετε το περιεχόμενό του, μην το χρησιμοποιείτε για οποιονδήποτε σκοπό και μην διανέμετε, αποθηκεύετε ή αντιγράφετε τις πληροφορίες σε οποιοδήποτε μέσο

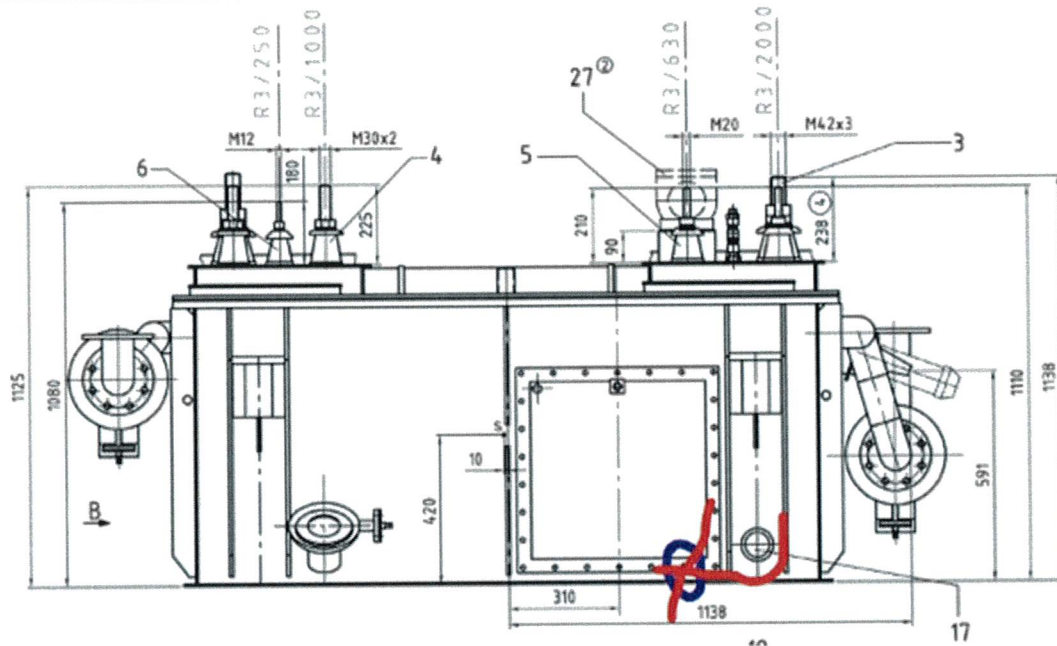
Έκθεση Διερεύνησης Ατυχήματος

Έγγραφο: ΥC23-010 αναθ. Τελικό-Δημοσιευμένο



Εικόνα 17: Λεπτομέρεια της οπής έκρηξης - αρχείο : 230307_123509.jpg

ΕΜΠΙΣΤΕΥΤΙΚΟΤΗΤΑ: Το παρόν έγγραφο και τυχόν συνημμένα έγγραφα είναι εμπιστευτικά και ενδέχεται να είναι απόρρητα. Μην αποκαλύπτετε το περιεχόμενό του, μην το χρησιμοποιείτε για οποιονδήποτε σκοπό και μην διανέμετε, αποθηκεύετε ή αντιγράφετε τις πληροφορίες σε οποιοδήποτε μέσο



Εικόνα 18: Σχέδιο Μετασχηματιστή της Siemens όπου σημειώνονται το πιθανό σημείο ανάφλεξης (μπλε) και οι σχισμένες λαμαρίνες (κόκκινο)

ΕΜΠΙΣΤΕΥΤΙΚΟΤΗΤΑ: Το παρόν έγγραφο και τυχόν συνημμένα έγγραφα είναι εμπιστευτικά και ενδέχεται να είναι απόρρητα. Μην αποκαλύπτετε το περιεχόμενό του, μην το χρησιμοποιείτε για οποιονδήποτε σκοπό και μην διανέμετε, αποθηκεύετε ή αντιγράφετε τις πληροφορίες σε οποιοδήποτε μέσο

Έκθεση Διερεύνησης Ατυχήματος

Έγγραφο: ΥC23-010 αναθ. Τελικό-Δημοσιευμένο



Εικόνα 19: Ο μετασχηματιστής από την ίδια οπτική γωνία όπως το σχέδιο (εδώ ανάποδα στα συντρίμια)

ΕΜΠΙΣΤΕΥΤΙΚΟΤΗΤΑ: Το παρόν έγγραφο και τυχόν συνημμένα έγγραφα είναι εμπιστευτικά και ενδέχεται να είναι απόρρητα. Μην αποκαλύπτετε το περιεχόμενό του, μην το χρησιμοποιείτε για οποιονδήποτε σκοπό και μην διανέμετε, αποθηκεύετε ή αντιγράφετε τις πληροφορίες σε οποιοδήποτε μέσο



Εικόνα 20: Όψη του κάτω μέρους του μετασχηματιστή (όπως είχε αναστραφεί στα συντρίμια) αρχείο: 230303_104150.jpg

ΕΜΠΙΣΤΕΥΤΙΚΟΤΗΤΑ: Το παρόν έγγραφο και τυχόν συνημμένα έγγραφα είναι εμπιστευτικά και ενδέχεται να είναι απόρρητα. Μην αποκαλύπτετε το περιεχόμενό του, μην το χρησιμοποιείτε για οποιονδήποτε σκοπό και μην διανέμετε, αποθηκεύετε ή αντιγράφετε τις πληροφορίες σε οποιοδήποτε μέσο

Έκθεση Διερεύνησης Ατυχήματος

Έγγραφο: ΥC23-010 αναθ. Τελικό-Δημοσιευμένο



Εικόνα 21: Συντρίμμια γύρω από τον μετασχηματιστή και την εστία της φωτιάς - φάκελος: 230301_073502.jpg

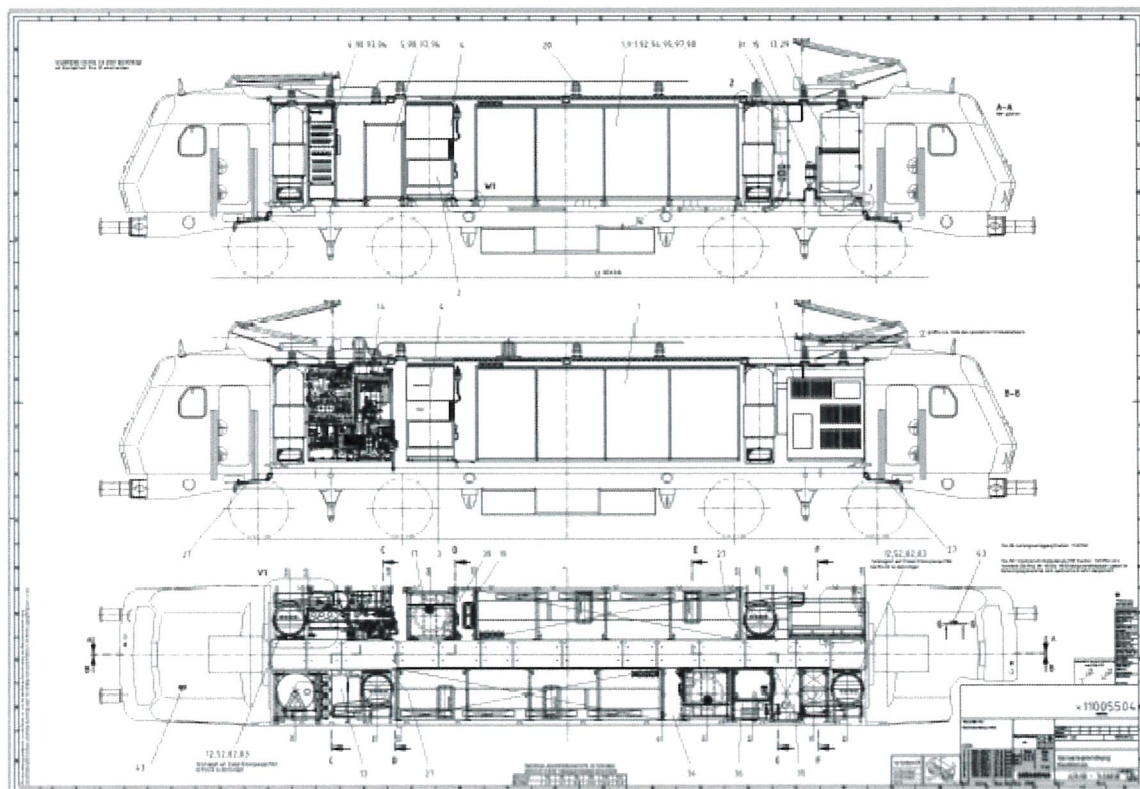
ΕΜΠΙΣΤΕΥΤΙΚΟΤΗΤΑ: Το παρόν έγγραφο και τυχόν συνημμένα έγγραφα είναι εμπιστευτικά και ενδέχεται να είναι απορρητά. Μην αποκαλύπτετε το περιεχόμενό του, μην το χρησιμοποιείτε για οποιονδήποτε σκοπό και μην διανέμετε, αποθηκεύετε ή αντιγράφετε τις πληροφορίες σε οποιοδήποτε μέσο



Εικόνα 22: Πλευρά του μετασχηματιστή απέναντι από το σημείο της έκρηξης και την οπή της φωτιάς (απόσπασμα από αρχείο : 20230307_124.106.jpg)

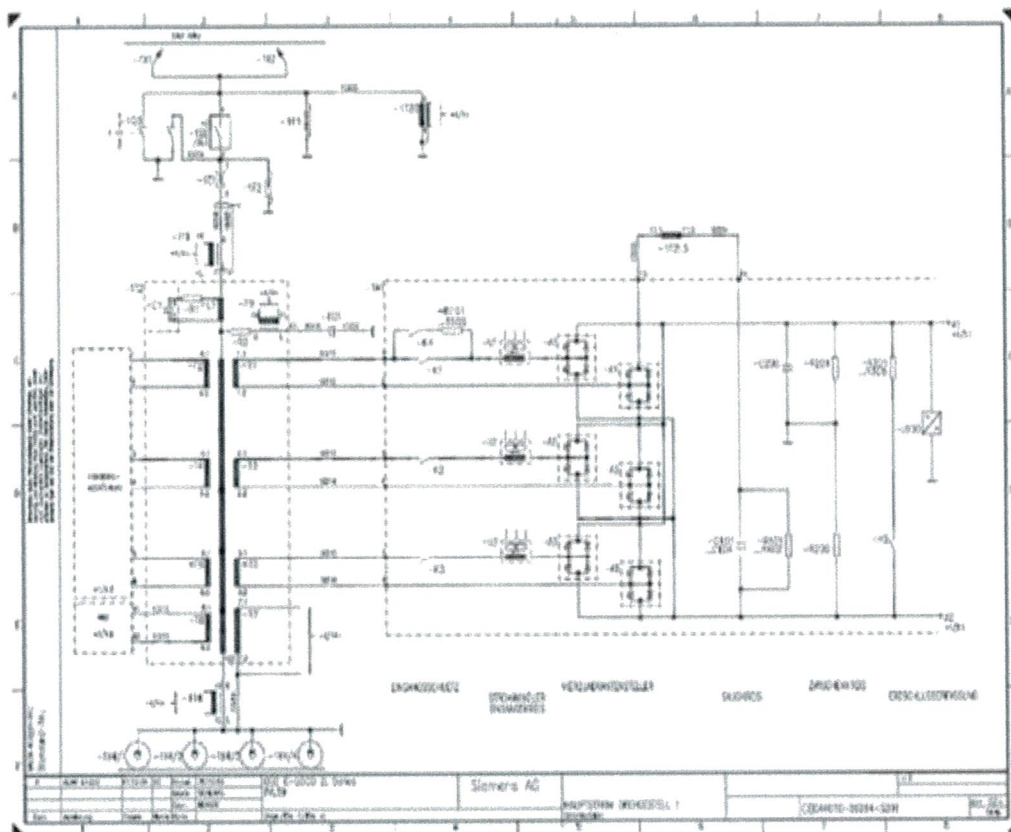
Έκθεση Διερεύνησης Ατυχήματος

Έγγραφο: ΥC23-010 αναθ. Τελικό-Δημοσιευμένο



Εικόνα 23: Γενικό σχέδιο ηλεκτράμαξας Siemens - Hellenic sprinter σειρά 120-0xx

ΕΜΠΙΣΤΕΥΤΙΚΟΤΗΤΑ: Το παρόν έγγραφο και τυχόν συνημμένα έγγραφα είναι εμπιστευτικά και ενδέχεται να είναι απόρρητα. Μην αποκαλύπτετε το περιεχόμενό του, μην το χρησιμοποιείτε για οποιονδήποτε σκοπό και μην διανέμετε, αποθηκεύετε ή αντιγράφετε τις πληροφορίες σε οποιοδήποτε μέσο



Εικόνα 24: Ηλεκτράμαξα Hellenic Sprinter της Siemens – Βασικό Κύκλωμα Ισχύος Υψηλής Τάσης

ΕΜΠΙΣΤΕΥΤΙΚΟΤΗΤΑ: Το παρόν έγγραφο και τυχόν συνημμένα έγγραφα είναι εμπιστευτικά και ενδέχεται να είναι απόρρητα. Μην αποκαλύπτετε το περιεχόμενό του, μην το χρησιμοποιείτε για οποιονδήποτε σκοπό και μην διανέμετε, αποθηκεύετε ή αντιγράφετε τις πληροφορίες σε οποιοδήποτε μέσο

Πιστή και ακριβής μετάφραση του συνημμένου
εγγράφου από την Αγγλική
στην Ελληνική γλώσσα, που
έγινε σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 36§2γ
του Κώδικα Δικηγόρων, από τον υπογράφοντα
δικηγόρο, ο οποίος βεβαιώνει ότι έχει επαρκή γνώση
της Αγγλικής και της Ελληνικής
γλώσσας.

Αθήνα, 27 / 09 / 2024
..... μεταφράσας..... δικηγόρος

ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ Ν. ΔΑΦΝΗ
ΔΙΚΗΓΟΡΟΣ (Α.Μ. Δ.Σ.Α. 41862)
ΟΜΗΡΟΥ 15 • ΑΘΗΝΑ 106 72
ΤΗΛ.: 210 3318170 • FAX: 210 3318171
ΑΦΜ: 166505002 • ΔΟΥ Α' ΑΘΗΝΩΝ
E-mail: e.dafniet@ohiogram.com

ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ
ΔΙΚΗΓΟΡΟΣ
ΟΜΗΡΟΥ 15 •
ΤΗΛ.: 210 3318170 •
FAX: 166505002 •
E-mail: e.dafniet@ohiogram.com

CONFIDENTIAL



HELLENIC TRAIN- RAILWAY COMPANY SOCIETE ANONYME

INVESTIGATION on Accident dynamics, explosion, and fire

Collision between Intercity train 62 and freight train 63503
on 28 February 2023

Document: YC23-010

Revision: _Final _Released

Author: Yves Carton

Reviewed: Antonios Moschopoulos

2023 July 25th

CONFIDENTIALITY:

This document and any attachments are confidential and may be privileged. Do not disclose the contents, use it for any purpose and do not distribute, store or copy the information in any medium without written approval of the author.

1. Introduction

The accident on 28 February 2023 around 11:15pm on the line Athens - Thessaloniki, between Larissa and Leptokaria, at km 371+000 involved a passenger train and a freight train, both operated by Hellenic Train on which 57 people lost their lives.

Passenger train IC 62 composed of a Hellas Sprinter locomotive 120.023, one first class, one bar coach and six second class coaches (B2-B7) was on service between Athens and Thessaloniki with 342 passengers on board (estimated from tickets), freight train 63503 with two Hellas Sprinter locomotives 120.022 and 120.012, consisting of 13 flat freight wagons, first 3 wagons with steel plates, rest with closed containers, was on the Thessaloniki-Athens route.

Regarding the dynamics of the accident, the Intercity involved in the collision (IC 62) was routed by the station manager in Larissa on the opposite track to the one normally used (the one on the left-hand side of the direction of travel/the illegal), on which freight train 63503 was also running, but in the opposite direction (legal for the freight train).

2. Subject

The below report is focusing on the accident dynamics at the crash and right after with regards to the rolling stock behavior, with investigation on the root cause of the explosion and fire on the passenger locomotive and first coaches right after the crash. It also provides an analysis if any technical improvements on the rolling stock or maintenance processes could reduce the risk or impact of such disaster.

It does not analysis nor conclude on any aspects on the initial question, why the 2 trains were running at full speed on the same track.

3. References & Information Sources

- Investigation report 15/05/2023 and revision 25/04/2023 Investigation committee Hellenic train
- Photos and videos made available by HT (Hellenic Train One drive)
- Information gathered during site visit and interviews.
- Video1: News site: Camera motorway https://www.youtube.com/watch?v=On5_Fn_NfpQ taken from the camera on the motorway southwards the accident place.
- Video2: Open News: Camera position unknown but most probably north-westwards the accident place. https://www.youtube.com/watch?v=gfUBN_6CJ9A
- Video2_a: video 2 with the time before and after the explosion in slow motion: made available on Hellenic Train OneDrive
- Siemens Transformer : document TWN/WNR/3517112ff/BA rev. 1.0
- Bayer Baysilone Fluids M <https://dcproducts.com.au/wp-content/uploads/2020/12/BayerBaysiloneFluidsBrochure.pdf>
- 3M Fluorinert™ Electronic Liquid FC-3284 datasheet https://www.3m.com/3M/en_US/p/d/b10144228/
- Hoppecke FNC rail battery datasheet (Locomotives)

- Saft SRM battery datasheet (Coaches)
- R134a Safety data sheet (air-conditioning refrigerant)
- Drawings locomotive Siemens Hellenic Sprinter (lay-out, HV schematics, pneumatic schematics)
- Finally, many thanks to Mr. Antonios Moschopoulos for the pictures, videos and train data and testimony being at the location of the wreckage shortly after the accident.

No reports or information from official investigation committee were available at the time of this report. The investigation and conclusions are only based on evidence and own finding from pictures, videos and vehicle data and knowledge. New information or evidence can perhaps reopen some assumptions or conclusions.

4. Passenger train coach references

1. Loco 120023,
2. First Admz 8496019, compartments
3. Bar Wrmz 8896734, bar
4. B2 Bmz 2196003, compartments
5. B3 Bmpz 2096503, central corridor
6. B4 Bmpz 2096569, central corridor
7. B5 Bmpz 2096567, central corridor
8. B6 Bmpz 2096563, central corridor
9. B7 Bmpz 2096507, central corridor

5. Investigation on the collision dynamics

4.1 Positioning of the vehicles before and after

Positioning of the different locomotives, wagons, and coaches before and after the collision related to the infrastructure around.

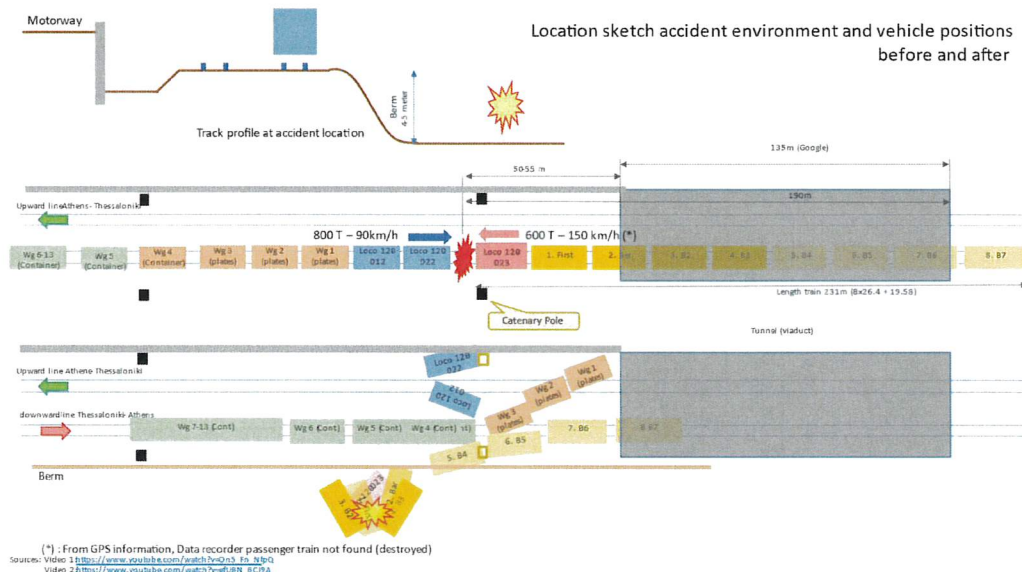


Figure 1: Location sketch infrastructure and vehicles before and after the crash

The infrastructure dimensions are based on Google Earth data (from before the accident). The pictures are available but cannot be published as no authorisation has been asked (yet) from Google to use publicly the data.

4.2 Short description on the most probably hypothesis of the dynamics during the crash

Although no real video recording of the collision exists (was night) and the information of the data recorders / "black box" (freight) is not in our possession or lost (passenger train), we can assume from the positioning, kinematic energies and deformations observed the following:

From the surveillance video¹ on the motorway south of the accident we can see that the freight train and passenger train drivers did not expect a collision as we cannot observe that an emergency brake has been applied. The location of the crash itself is hidden from the camera by the motorway viaduct. As it was night and the track is slightly curved in that area, with the tunnel/viaduct in between, the head-on collision could not be seen until the very last moment and not at all possible to apply the brakes with any effect.

- We can consider that the trains collide with full-service speed (Freight 90km/h, passenger train 150km/h) to each other.

¹ Videolink: https://www.youtube.com/watch?v=On5_Fn_NfpQ

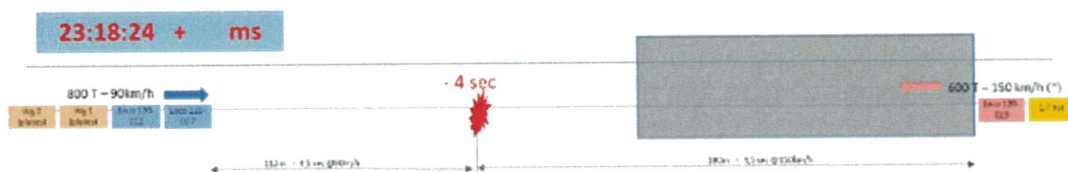


Figure 2: Overview with timing as per video camera from the motorway (for simplicity the tracks are shown straight)

Given the different loading and speeds the kinematic energy of the freight train, despite a heavier loading, is much lower than the passenger train (250 MJ versus 592 MJ). Also taking in consideration the fact that the freight train did have 2 locomotives in front, each of 80 tons, which have a more solid/stronger structure and a higher axle load, and the fact of the flat steel wagons went under the locomotives, the absorption of the collision energy on the freight train took mainly place on the 2 locomotives.

- The freight wagons except for the 2 locomotives did remain mainly on the track and did not crumble much together.
- The collision energy was mainly taken by the first and then the second locomotive also considering the special load and trajectory of the following freight wagons (see below).

The first freight locomotives 120-022 was catapulted over the upward line track (driving direction leftwards) and heavily smashed against the motorway wall with equipment going over the wall (Figure 9). The locomotive most likely jumped up (headstock bended downwards) and took the overhead pole and catenary line with it in the crash trajectory as the catenary and catenary pole can be found under the locomotives (see Figure 11 and Figure 12).

This led to a rather hard short-circuit of the upward overhead line with limited flashes (they are not visible, or the line was not powered due to earlier problems). The second freight locomotive 120-012 crushed in the first and while most likely stay coupled together till the last moment, turned around and becoming in opposite direction against the first to standstill (electrical coupler were still connected see Figure 13).

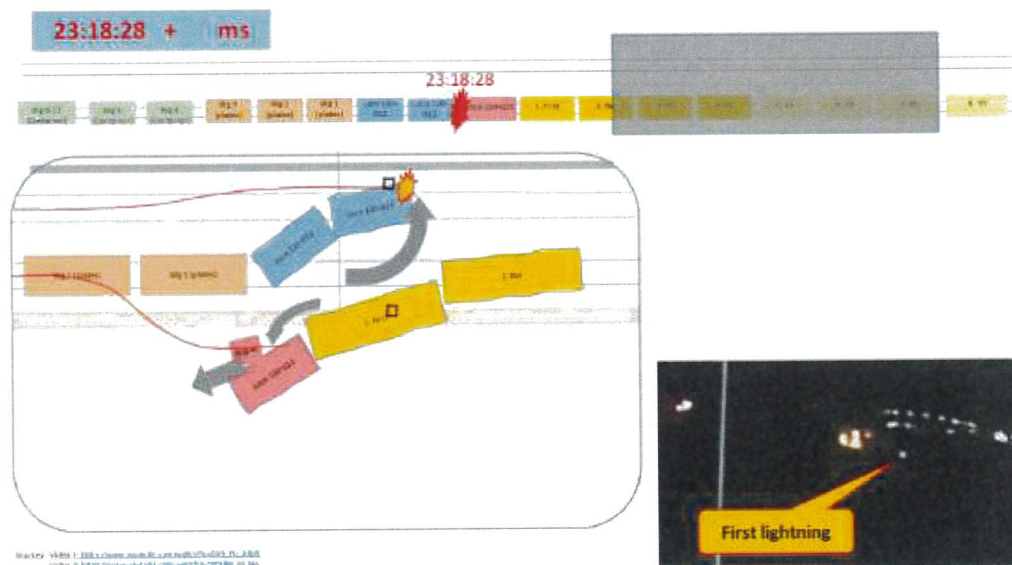


Figure 3: First lightning

Investigation Report

Doc: YC23-010 rev. Final-Released

The absorption of the much higher collision energy of the passenger train was taken by many vehicles starting from the locomotive, first, and bar coach and being more destructive as little identifiable parts can be found in the wreckage. The passenger locomotive 120-023 crashed in the first freight locomotive and flow (opposite) leftwards circa 30 meters further along the driving direction into the lower berm (4 to 5 meter lower).

During that 'flight' the locomotive lost the bogies, and these went rather straight forwards. Then most likely the locomotive carbody dive a bit further into the ground and ripped off the cabine and machine room, all crumbled together. The middle part of the frame with the transformer, the most solid and heaviest part (circa 10 ton) with most inertia, sheared off (bolster with pivot pin bended into the frame/transformer) and overturned to come down another few meters further any. The top roof panel most likely detached at the first impact flow through the air and came down partly on the carbody base.

Important to mention is that the catenary poles at the time of the accident (seems now be placed a bit further down to the tunnel) were standing at the accident location (about 50 meters from the tunnel as can be seen from the Google Earth view from before the crash). The passenger train locomotive took during the crash trajectory the catenary pole down and most probably carried the overhead wire till the landing of the locomotive parts in the berm. The catenary wire can be found in several locations in the debris of the remaining locomotive frame with the transformer as shown in Figure 14 and Figure 15.

The first-class coach and bar coach are the next cars in the passenger train consist that had to take the collision energy and were very much mangled and fragmented with parts such as seats, interiors, buffers, door leaves, bogie, side walls and carbody frame parts but also luggage found in a large perimeter (> 200 meter) around the accident area. Given the heavy destructive forces and very high accelerations no passenger had a chance to survive in these coaches.

Little major parts from these 2 coaches are recognizable and can be found in the debris, but based on the locations where the bodies were identified by the fire brigade, we can conclude with high probability that both 'coaches' landed fragmented in the lower berm between the locomotive bogie and locomotive frame parts a bit away from where the explosion and fire took place (see further). The high accelerations means also that all the interiors, including passengers and luggage were initially smashed to the front.

During that event the B2 coach was catapulted on top of the locomotive, first and cab coach debris with the B3 coach still connected and angled with the rear end towards the track where the remaining coaches were coming to a standstill. The B2 coach is the first recognizable on the debris but burned completely out while the B3 was showing limited areas of fire/heat impact (see further analysis).

The event also unrolls on the other side with the freight train. The 3 freight wagons with steel plates behave a bit differently than the other vehicles in the collision. As can be observed from the position of the wagons and the locomotives, the flat wagons and heavy steel plates (different size from 10-25mm – 2 to 5 ton/plate) glided underneath the locomotives and continue their trajectory along the track till standstill in front of the locomotives (Figure 10).

During that route some plates hit different parts of the passengers' trains of which most visible are the cuts on the sidewalls on B4 and B5. Apart from the material damage no passengers were reported injured by this. From the remaining of the freight train was only the first container wagon damaged, the other 9 container wagons were intact with only the first 2 containers pushed together and little damaged.

CONFIDENTIALITY: This document and any attachments are confidential and may be privileged. Do not disclose the contents, use it for any purpose and do not distribute, store or copy the information in any medium without written approval of the author.

From the passenger train, the coaches B5, B6 and B7 came also to a standstill little crushed together and not or little derailed.

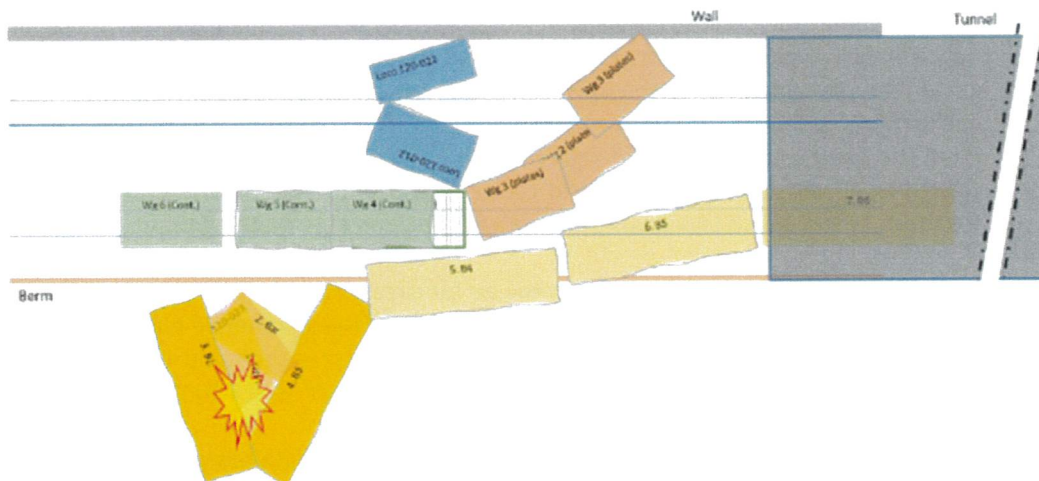


Figure 4: sketch position vehicles after the crash

6. Hypotheses on the Explosion and fire

Element 1 in hypothesis: 25kv overhead line arcing and short-circuit on transformer.

An important incident which will determine the further course of the accident is the arcing and short circuit of the overhead line (downward-line) and the big flashes seen on the video's especially on video 2 indicating that several arcing took place before the line was finally short-circuited. It is not clear where exactly this happened during the above-described accident dynamics, but as noted above the catenary pole for the downward line was standing in the 'fly zone' of the locomotive and/or first coach.

From the pictures, Figure 14 and Figure 15 we can see that the broken overhead wire has been carried away with the locomotive and can be found in the debris of the locomotive frame and transformer which was laying upside down with one end dig into the ground.

Since the locomotive was catapulted in the air for circa 30 meters to the 5-meter lower berm, the overhead line came only to a short circuit the moment the locomotive hits the ground. From the video 2, we can see that it took 2 to 3 flashes (blue light) in the same location with the last one the biggest before the overhead line (25kV) was switched off² (see Figure 5 and Figure 6).

The arc flashes happen for about 100 to 200msec and can create temperatures over 5000°C³ and create a blue light due to ionization of the air, the last lightning with more yellow/orange is the start of the explosion.

Element 2 in hypothesis: location of the short circuit

From the transformer picture, Figure 17, we can recognize a possible spot (blue marked) near the explosion hole where the short circuit on the transformer could have taken place. More detailed analysis is necessary to confirm this, but as this location was in the core of the subsequential explosion and fire /heat (see further) most evidence of the short circuit burned/melted away.

Element 3 in hypothesis: The location of the transformer corresponds with the pictures of the explosion and fire on the video.

² The overhead line was at the moment of the accident feeding at least 3 locomotives of 6.2MVA each. Before the line get switched off the power station usually try to automatically re-energy the line one, two times before completely switching off the power (to be confirmed by the power grid-manager).

³ Arc flash occurs when electrical current becomes uncontrolled, and passes through an air gap between conductors in an attempt to "jump" from one conductor to another or earth. This results in a release of electrical energy that ionizes the surrounding air, generating an enormous amount of light, heat, and sound. Temperatures of an arc flash can reach as much as 2,800 (low Voltage) to 19,000 °C (very high voltage). (<https://www.electricityforum.com/iep/arc-flash/arc-flash-temperature> and others)



CONFIDENTIALITY: This document and any attachments are confidential and may be privileged. Do not disclose the contents, use it for any purpose and do not distribute, store or copy the information in any medium without written approval of the author.

Investigation Report

Doc: YC23-010 rev. Final-Released

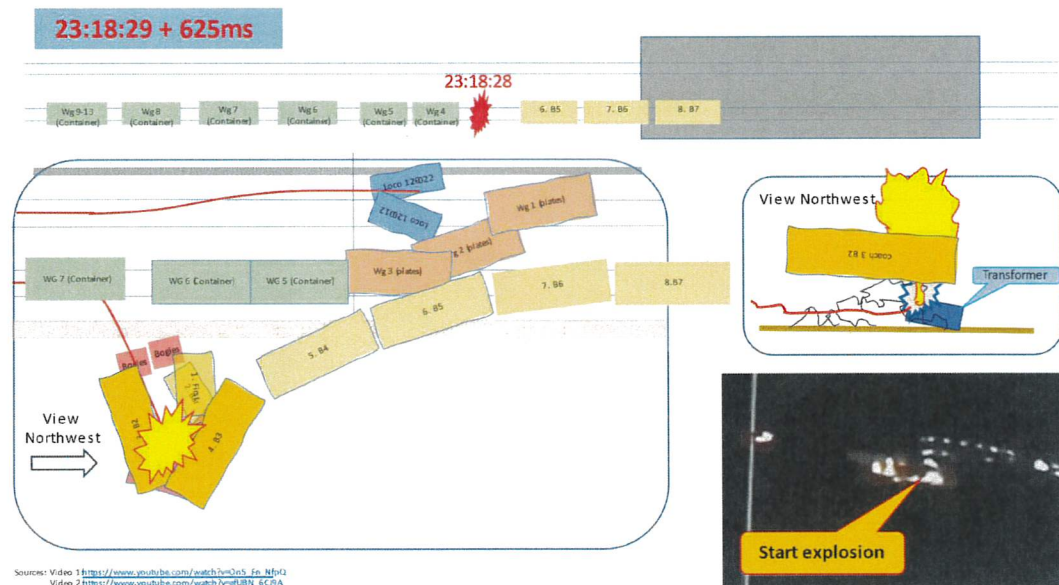


Figure 7: Sketch Start explosion

Element 4 in hypothesis: Several indications show that the transformer more precisely the refrigerant fluid is the main source of the explosion and fire.

Investigating the transformer container in more detail, we can find more evidence on the root cause of the explosion and fire to support further the hypothesis;

- On the transformer container, we can see in the picture Figure 16 a hole with the steel plates bended to the outside indicating a burst in the transformer container from an explosion inside. Giving the steel thickness (5 mm) of the container the hole should be caused by a rather big explosion.
- The transformer container (manufacture Siemens) is containing ca. 2.4-ton refrigerant liquid, a polydimethyl silicone product which has a flash point at temperatures $> 300^{\circ}\text{C}$ and a fire point $> 350^{\circ}\text{C}$. With the catenary arc flashes and short circuit on the transformer container or if not being close to the transformer with already fluid leaked out, the 2.4-ton fluid would quickly hit the flash and fire point leading to an explosion (Arc flashes of High voltage systems reach easily 5000°C). See datasheet in reference: Bayer Baysilone Fluids M 50 EL. In addition, the capacitors at the transformer, damaged due to the crash, could also create additional short-circuits an explosion (see further).
- At the explosion location on the transformer container, we can see on the color tint the different temperature the steel has had around the hole. One plate is bended downward indicating a very high temperature ($> 600^{\circ}\text{C}$). The different color tint also indicating that the fire had his source from this opening and the fire burned like a kind of 'Bunsen burner'. Also, soot is visible at that location indicating a longer fireplace as can be seen in the red marked area on picture Figure 17.

CONFIDENTIALITY: This document and any attachments are confidential and may be privileged. Do not disclose the contents, use it for any purpose and do not distribute, store or copy the information in any medium without written approval of the author.

- Other possible source for main and secondary explosion and fire:**

Considering the same equipment is installed on both freight locomotives also heavily damaged a similar explosion or fire did not happen.

Investigation Report

Doc: YC23-010 rev. Final-Released

Other components on the locomotive and coaches do also contain flammable or explosive fluids when exposed to high temperatures. Most important to mention related to this subject are;

Locomotive:

- Ni-Cd batteries: Hoppecke - type FNC142LR - 142 Ah – 110V, 72 cells split in 2 boxes per locomotive – 66,24 liter (18-30% potassium hydroxide (KOH)) as electrolyte with an addition of lithium hydroxide (LiOH). – when overheated, generate explosive and flammable hydrogen gas. The 2 battery boxes are installed just beside the transformer. It is not clear if the battery boxes were still assembled on the underframe and the transformer or already been ripped off before the landing due to the high weight and accelerations. In the first case they would also add explosion and fire load. In the wreckage they are not visible anymore.
- Traction convertor: The traction convertor installed in the locomotive machine room is cooled with 720-liter 3M Fluorinert™ Electronic Liquid FC-3284. The liquid is classified as not hazardous (not classified as hazardous according to OSHA standard 29 CFR 1910.1200). It has no flash or fire point (flammability) but under extreme conditions of heat toxic decomposition products such as hydrogen fluoride and perfluoroisobutylene can be generated. Hydrogen fluoride reacts with metals such as steel to produce flammable and explosive Hydrogen gas. Since the traction converter is completely fragmented, we are not sure where the coolant leaked around, but most likely not at the transformer location, but this cooling fluid fire could be secondary to the main fire.

Coaches

- Ni-Cd batteries: Saft type SRM - 24 volt - one box per coach on the underframe – 104,4 liters of electrolyte with the same characteristics and behavior as explained above for the Ni-Cd batteries of the locomotive. Most probably the battery cells of the first, bar and B2 coach are in the debris of the coaches where no or limited fire happened, away from the fire hot spot.
- The electrolyte is dangerous in contact with skin and can cause severe injury and in eye contact even to lead to permanent damage. Rescue and fire brigade people were mentioning aggressive liquids dropping in one of the coaches (B3?), this is most likely coming from the battery electrolyte spilt whether mixed with fire extinguishing water (battery box is installed in the underframe overturned in the debris).
- Air conditioner refrigerant (1 HVAC group - 22.4 liter per coach in the underframe); The refrigerant normally operates under high pressure in ventilation and air-conditioning systems (HVAC). The used refrigerant R-134a (Tetrafluoroethane) is not flammable at ambient temperatures and atmospheric pressure. However, this material will become combustible when mixed with air under pressure and exposed to strong ignition source. Contact with certain reactive metals may result in formation of explosive or exothermic reactions under specific conditions (e.g., very high temperatures and/or appropriate pressures). (Ref: R134a safety data sheet)
They mix readily with air and vaporizes to lower concentrations but in first instances could have developed a secondary fire from ignition source in the vicinity of a leak of the refrigerant. Since the air-conditioning units from the first coaches were not found in the debris, it is not sure if they contribute to a secondary fire.

CONFIDENTIALITY: This document and any attachments are confidential and may be privileged. Do not disclose the contents, use it for any purpose and do not distribute, store or copy the information in any medium without written approval of the author.

Beside the flammable materials also the compressed air tanks for the pneumatic / brake systems can contribute to the explosion and fire by providing under high pressure air/oxygen to the fire. There are several smaller and bigger air tanks of compressed air in each locomotive, most important to mention here are 2 air tanks of 150 liter, one of 800 liters and one of 80 liters. They were not found in the debris of the passenger locomotive so we cannot be sure if and how much this contributed to the fire propagation.

We can see in the video that after the first big explosion during more than 10 seconds several bigger and smaller explosion, re-ignitions took place, most likely from sources mentioned above.

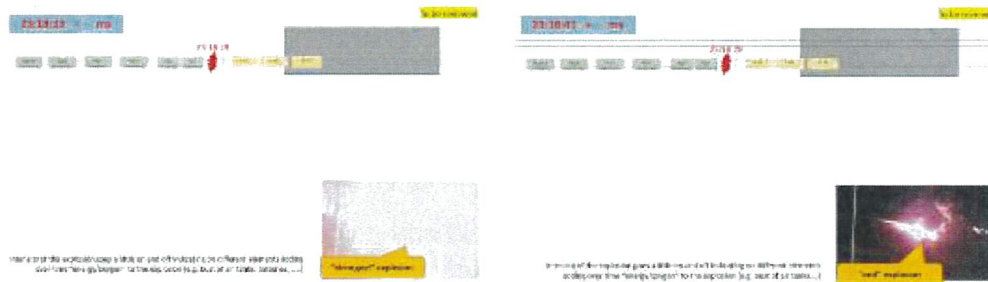


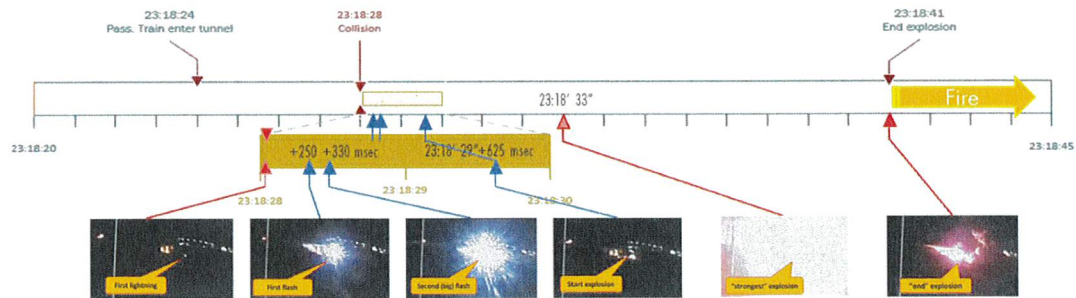
Figure 8: Mid and end of explosion on video

Investigation Report

Doc: YC23-010 rev. Final-Released

7. Conclusion

Analyzing the video of the 2 surveillance cameras (night pictures) we can deduce the timing of the most important events, and matching them with the pictures of the accident place and wreckage.



The conclusion is supported by the following evidence and indications described :

- the location of the overhead wire in the debris.
- the overhead line short-circuits flashes, very visible in video 2, happened all in a very short time and on the same spot where the explosion and fire took immediately right after place.
- Arc flashes in High voltage systems can reach temperature as much as 5000 °C.
- the explosion hole in the transformer container, and soot at that location indicating a heavy and longer fireplace.
- the transformer container has the biggest fire load in the locomotive with 2.4-ton refrigerant fluid with flash & fire point between 300 and 400°C;
- the color tints and heat deformation of the transformer container indicate that this is the fire origin with very high temperatures and lasted till the refrigerant fluid was burned out.
- the surrounding of the wreckage indicate that the transformer container (laying upside down on the ground) was the local/single main fire origin, a type of 'Bunsen burner' fire getting the oxygen from below with a subsequential extension to the coach B2 on top of the debris.

With reasonable high probability we can conclude that the explosion was due to the arc flashes and short circuit of the catenary happened very close to or on the transformer, with eventually additional short circuits of the capacitors, creating an ignition and explosion of the refrigerant fluid which then burned out (2.4 ton) till the end.

The coach B2 complete burned out, because a portion of the coach was right above the fire zone of the transformer. The fire was then horizontal spread throughout the whole coach via the materials (interiors, seats, ...) of the coach itself and eventually fueled by other flammable fluids from batteries and air conditioner refrigerants.

The explosion and fire are an unfortunate coincidence with the fact that the catenary got short-circuited on or near the transformer.

8. Learnings and recommendations related to the rolling stock.

Considering all above facts and evidence from the disaster, there is little or no vehicle architectural element, construction, or technical improvement nor activity related to maintenance or train operation onboard that could reduce the risk of repetition or element that could reduce the impact under the same conditions and circumstances. The necessary train control systems (ERTMS/ETCS) are onboard since some years but waiting for the infrastructure to be retested and switched on.

The forces at the collision were such that no design solution can withstand or avoid the disintegration of the locomotives and coaches. Also, the explosion and fire were and are not avoidable under the given conditions and circumstances nor can be limited with existing technical solution (e.g., fire detection and extinguishing systems).

More recent international rolling stock standards (TSI) are improving the crashworthiness of trains and reduce fire and smoke hazards, but these cannot reasonable be implemented retrospectively and would not or very limited reduce the human and material impact in the given collision circumstances.

The main root cause is clearly outside the scope of this report and related to the infrastructure and train control management system and procedures allowing two trains running for a long time on the same track.

Without any judgment and again clearly outside the scope of this report, a temporary recommendation could be to reduce the operational speed of a train re-routed on an opposite track as long as no fully functional train management system (ETCS / ERTMS) is operational and by this reducing the kinematic energy and destructive forces at an eventually collision (kinematic energy = square of the speed).

9. Pictures

Pictures used in the report

(Ctrl + click on reference in the text to automatically select the relevant picture below)



Figure 9: Drome view Freight locomotives and Passenger locomotives (screenshot video ABCNL news)



Figure 10: Overview vehicle positions after the crash

CONFIDENTIALITY: This document and any attachments are confidential and may be privileged. Do not disclose the contents, use it for any purpose and do not distribute, store or copy the information in any medium without written approval of the author.



Figure 11: Catenary pole downward line under freight locomotive (2023-03-01 16.46.00.jpg)



Figure 12: Catenary line under freight locomotive (20230301-105223.jpg & 20230301-034238.jpg)

Investigation Report

Doc: YC23-010 rev. Final-Released



Figure 13: Freight locomotives - Still electrical connected (UIC-plugs) (20230301-071311.jpg)



Figure 14: Transformer Loc 120 023 showing catenary line on transformer - file: 20230305_184147.jpg

CONFIDENTIALITY: This document and any attachments are confidential and may be privileged. Do not disclose the contents, use it for any purpose and do not distribute, store or copy the information in any medium without written approval of the author.



Figure 15: Transformer 120-023 with catenary line assembled Extract from file 230307_123525.jpg

Investigation Report

Doc: YC23-010 rev. Final-Released



Figure 16: Transformer 120023 with explosion hole - file: 230307_123509.jpg

CONFIDENTIALITY: This document and any attachments are confidential and may be privileged. Do not disclose the contents, use it for any purpose and do not distribute, store or copy the information in any medium without written approval of the author.

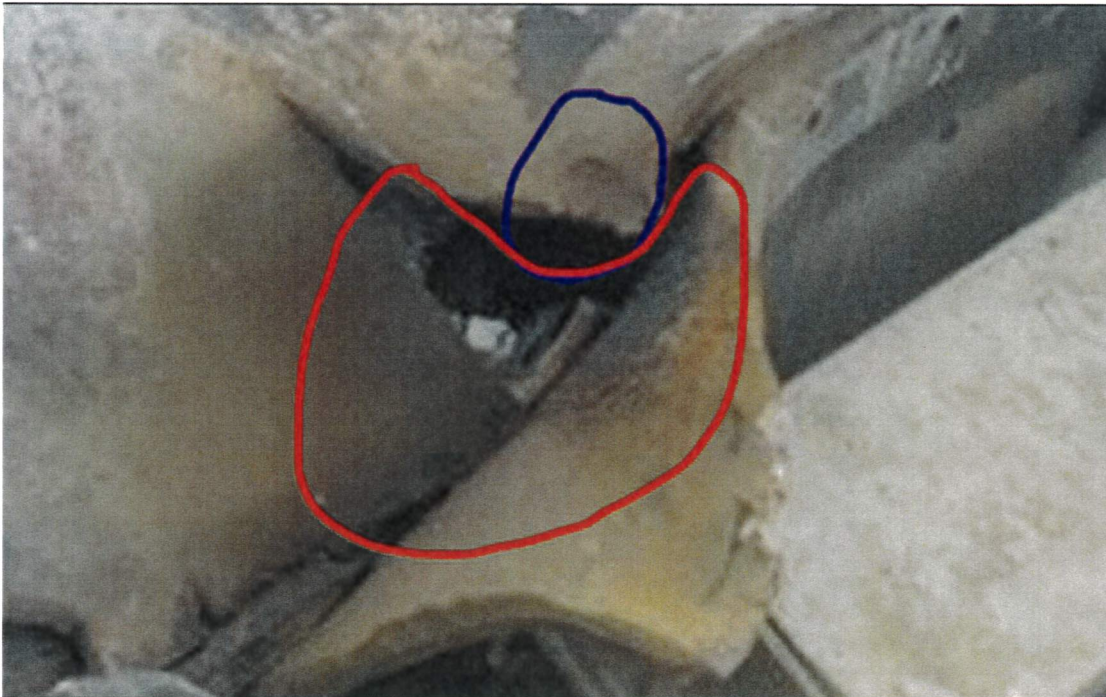


Figure 17: Detail explosion hole - file : 230307_123509.jpg

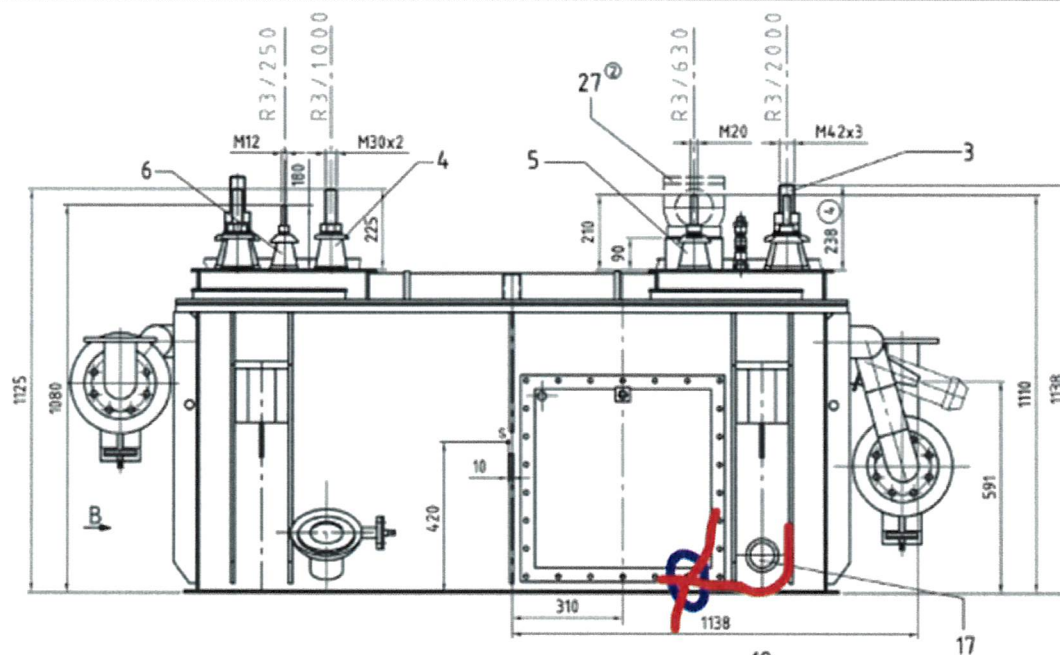


Figure 18: Drawing Siemens Transformer with indication of possible flash point (blue) and torn open sheets (red)

Investigation Report

Doc: YC23-010 rev. Final-Released



Figure 19: transformer from same view as drawing (here upside down in debris)

CONFIDENTIALITY: This document and any attachments are confidential and may be privileged. Do not disclose the contents, use it for any purpose and do not distribute, store or copy the information in any medium without written approval of the author.



Figure 20: Transformer bottom view (on top in wreckage) file: 230303_104150.jpg

CONFIDENTIALITY: This document and any attachments are confidential and may be privileged. Do not disclose the contents, use it for any purpose and do not distribute, store or copy the information in any medium without written approval of the author.

Investigation Report

Doc: YC23-010 rev. Final-Released



Figure 21: wreckage around transformer and fireplace - file: 230301_073502.jpg



Figure 22: Transformer opposite site explosion & fire hole (extract file : 20230307_124.106.jpg)

CONFIDENTIALITY: This document and any attachments are confidential and may be privileged. Do not disclose the contents, use it for any purpose and do not distribute, store or copy the information in any medium without written approval of the author.

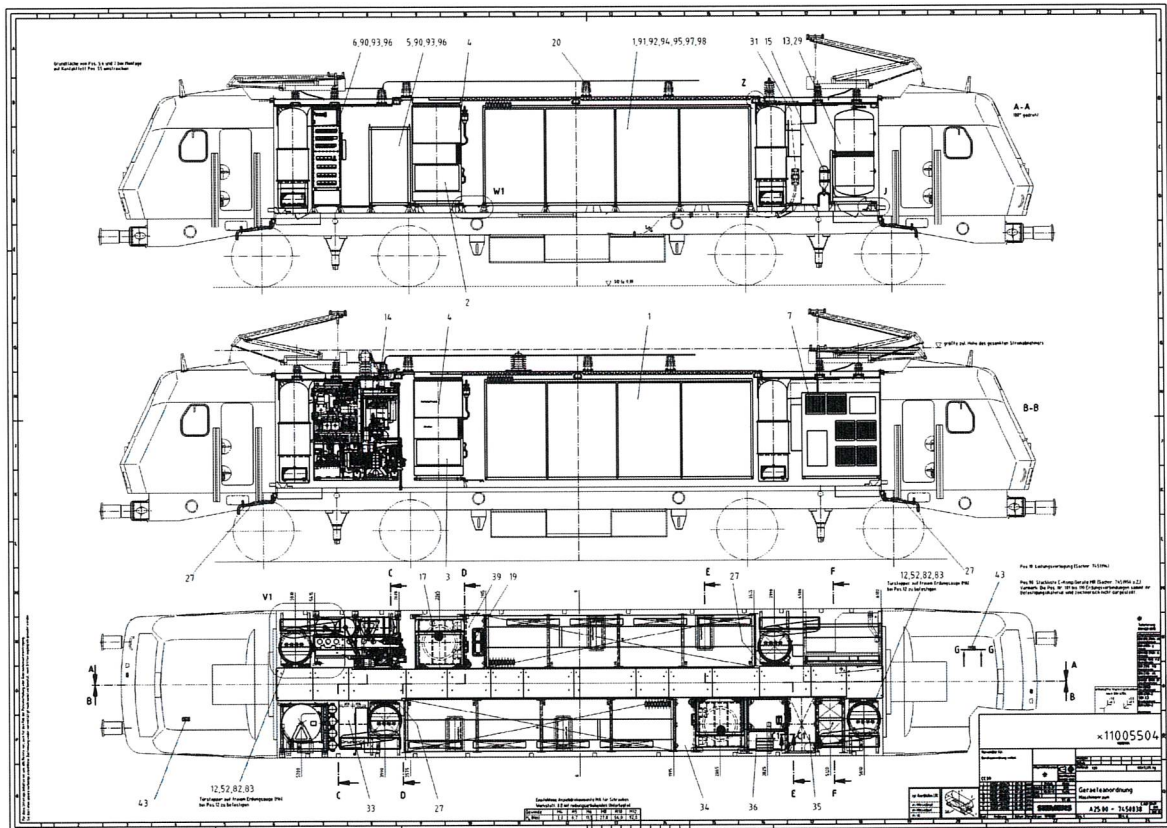


Figure 23: Overview drawing Siemens locomotive - Hellenic sprinter series 120-0xx

CONFIDENTIALITY: This document and any attachments are confidential and may be privileged. Do not disclose the contents, use it for any purpose and do not distribute, store or copy the information in any medium without written approval of the author.

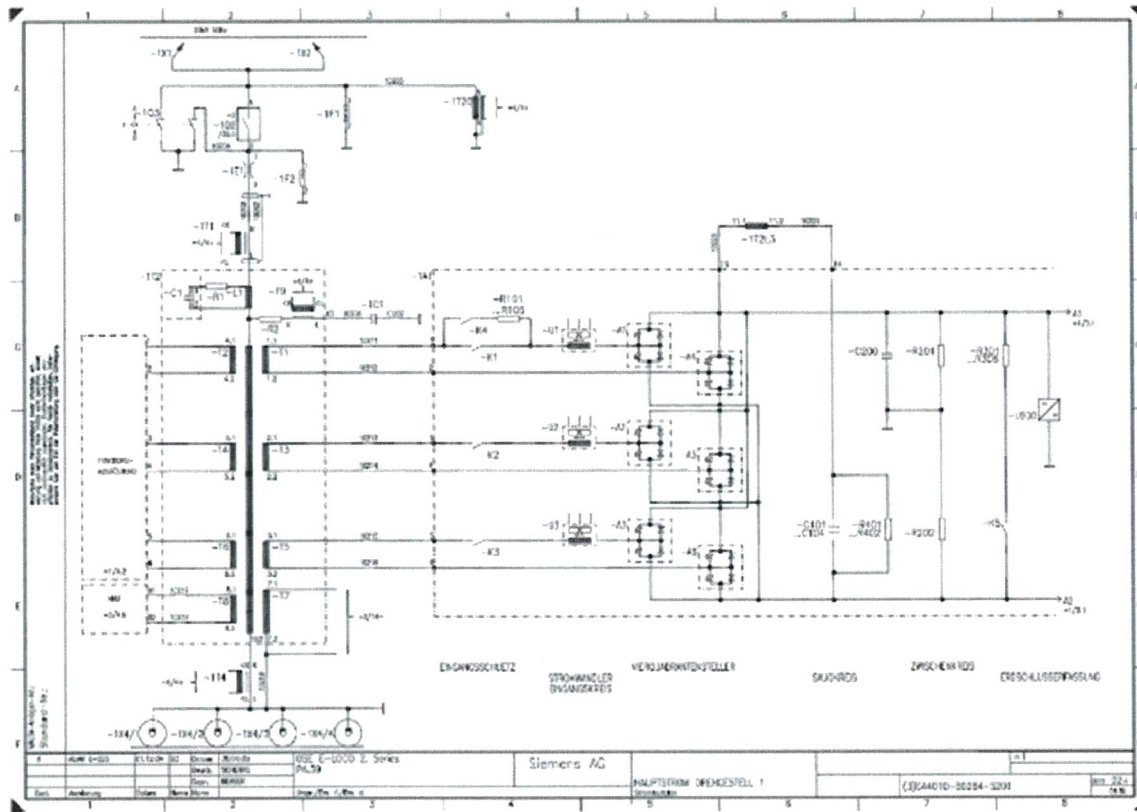


Figure 24: Siemens Locomotive Hellenic Sprinter - Main High Voltage Power Circuit

Οτι ακριβές αντιπεφωνημένον φωτοτυπικόν
αντίγραφον εκ του εις χείρας μου

Εν Αθήναις τη 27/09/2024

Η βεβαιούσα Δικηγόρος

ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ Ν. ΔΑΦΝΗ
ΔΙΚΗΓΟΡΟΣ (Α.Μ. Δ.Σ.Α. 41862)
ΟΜΗΡΟΥ 15 - ΑΘΗΝΑ 106 72
ΤΗΛ.: 210 3318171 - FAX: 210 3318171
ΑΦΜ: 166505002 - ΔΟΥ Δ' ΑΘΗΝΩΝ
E-mail: e.dafni@agrami.com

Βεβαιώνω ότι η συνημμένη από 27/09/2024
μετάφραση στην Ελληνική γλώσσα
γενομένη παρ' εμού, αφορά το έγγραφο αυτό, το
οποίο είναι γραμμένο στην Αγγλική γλώσσα.

Αθήνα, 27/09/2024

Η βεβαιούσα επικυρώσα Δικηγόρος

ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ Ν. ΔΑΦΝΗ
ΔΙΚΗΓΟΡΟΣ (Α.Μ. Δ.Σ.Α. 41862)
ΟΜΗΡΟΥ 15 - ΑΘΗΝΑ 106 72
ΤΗΛ.: 210 3318171 - FAX: 210 3318171
ΑΦΜ: 166505002 - ΔΟΥ Δ' ΑΘΗΝΩΝ
E-mail: e.dafni@agrami.com