



Dipartimento dei Vigili del Fuoco, del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile  
**CORPO NAZIONALE DEI VIGILI DEL FUOCO**  
Direzione Centrale Prevenzione e Sicurezza Tecnica

# Indicazioni per l'attività di indagine relativa ad incendi di autoveicoli

a cura del  
**NUCLEO INVESTIGATIVO ANTINCENDI**  
Capannelle - ROMA



# Indicazioni per l'attività di indagine relativa ad incendi di autoveicoli

a cura del  
**NUCLEO INVESTIGATIVO ANTINCENDI**  
Capannelle – ROMA





*Gli incendi di autoveicoli, rappresentano una categoria d'interventi molto frequente nell'ambito dell'attività di soccorso tecnico svolta dai Vigili del Fuoco.*

*Nonostante la periodicità con cui l'evento si presenta, l'accertamento delle cause è di difficile determinazione, in ragione dei danni prodotti dall'incendio che in molti casi è totalmente distruttivo ma anche per la crescente complessità con cui vengono prodotti i veicoli di recente fabbricazione.*

*La presente pubblicazione è stata elaborata al fine di fornire utili elementi per l'interpretazione dei segni di danno termico prodotti dall'incendio sugli autoveicoli, attraverso cui poter risalire all'individuazione della zona d'origine dell'evento nonché alla determinazione della causa mediante una rigorosa indagine condotta secondo il cosiddetto "metodo scientifico".*

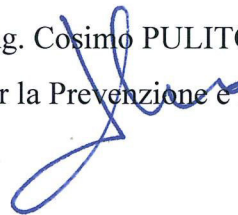
*Il documento si avvale sia della raccolta di un'ampia documentazione inerente l'investigazione sugli incendi degli autoveicoli, sia dei risultati di una serie di prove sperimentali condotte dal Nucleo Investigativo Antincendi mirate allo studio della dinamica di un incendio di autoveicoli e alla caratterizzazione dei segni di danno termico che ne possono derivare.*

*Le prove sperimentali d'incendio di autovetture sono state, poi, messe a confronto con le conoscenze maturate nell'ambito investigativo dai Vigili del Fuoco ovvero desunte dalla letteratura tecnica di settore (NFPA 921 "Guide for Fire and Explosion Investigations").*

*Anche questa pubblicazione è stata curata dall'ing. Michele Mazzaro, Dirigente del N.I.A., che si è avvalso del supporto e dell'esperienza investigativa del personale del Nucleo e del personale delle strutture territoriali del Corpo.*

Ing. Cosimo PULITO

Direttore Centrale per la Prevenzione e la Sicurezza Tecnica







<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>2. CENNI SUL COMPORTAMENTO AL FUOCO DEI MATERIALI NEGLI AUTOVEICOLI .....</b>	<b>5</b>
<b>3. GLI INCENDI DI AUTOVEICOLI.....</b>	<b>7</b>
<b>4. ANALISI DELLE TRACCE D'INCENDIO.....</b>	<b>11</b>
<b>5. L'ATTIVITA' DI SPERIMENTAZIONE .....</b>	<b>15</b>
<b>A) NFPA 921 "GUIDE FOR FIRE AND EXPLOSION INVESTIGATIONS" .....</b>	<b>15</b>
<b>B) LE PROVE SPERIMENTALI D'INCENDIO.....</b>	<b>19</b>
<b>6. ANALISI DELLE CAUSE .....</b>	<b>65</b>
<b>7. METODOLOGIA PER L'INVESTIGAZIONE SULLE CAUSE D'INCENDIO.....</b>	<b>72</b>
<b>8. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>85</b>



## 1. PREMESSA

Gli incendi di autoveicoli rappresentano una categoria d'interventi effettuati dai vigili del fuoco la cui frequenza di accadimento, sul totale degli incendi registrati, è descritta dalla tabella e dai relativi grafici di seguito riportati, elaborati sulla base dei dati raccolti dalle schede di intervento dei Vigili del Fuoco.

Anno	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Inc.Veic.	28252	27608	28096	26893	25484	25406	23897	22999	22636	20854	17049	22680
Tot inc.	214454	216764	229862	260188	244912	212469	198428	231516	244254	196196	189375	234675
% Inc. veicoli	13,17%	12,74%	12,22%	10,34%	10,41%	11,96%	12,04%	9,93%	9,27%	10,6%	9,00%	9,66%

Tabella n.1 – Distribuzione del totale incendi e incendi veicoli per anno

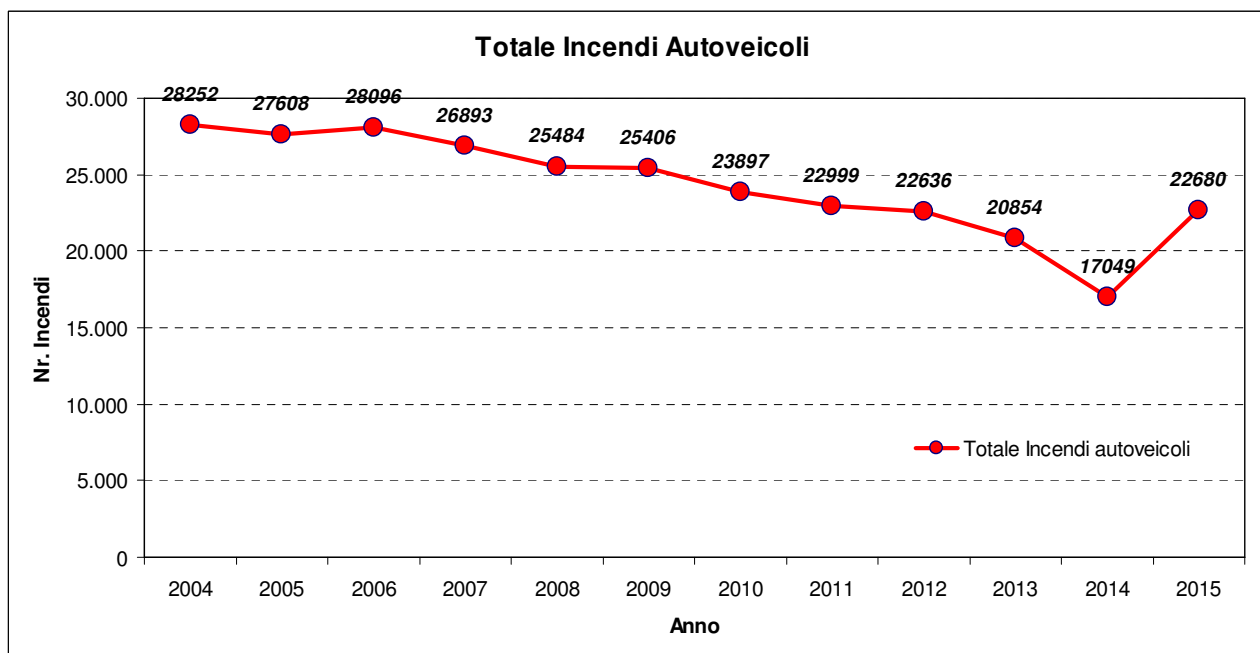


Grafico n.1 – Distribuzione del totale incendi autoveicoli per anno

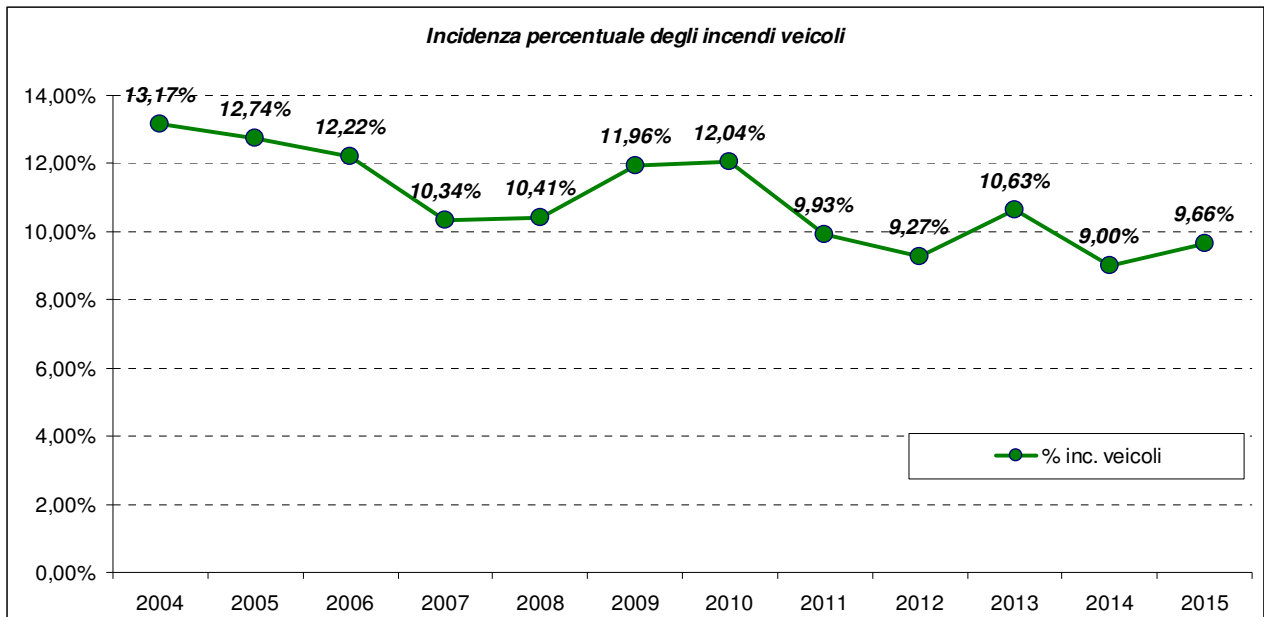


Grafico n.2 – Distribuzione percentuale degli incendi autoveicoli sul totale degli incendi per anno

Dall'analisi dei dati relativi agli incendi (in un periodo di riferimento di circa 10 anni), è possibile affermare che un incendio su dieci riguarda un autoveicolo. Inoltre, nell'arco di un anno, si registrano, mediamente circa 25000 casi d'incendi autoveicoli (il trend dei dati nel periodo preso a riferimento segna un leggero decremento negli ultimi anni).

L'accertamento delle cause d'incendio di autoveicoli diventa un'attività di estrema importanza e, a tal fine, partendo dalla documentazione di dettaglio (riferimento bibliografia n. 7 e 8), si è predisposta la seguente dispensa in modo da fornire uno strumento utile nelle indagini svolte dai vigili del fuoco.

Come si avrà modo di esporre nei paragrafi seguenti, l'accertamento sulle cause d'incendio di un veicolo è un'attività estremamente complessa per almeno due ordini di motivi, il primo legato alla natura distruttiva dell'incendio ed il secondo legato alla complessa struttura dell'oggetto d'investigazione. I veicoli, infatti, sono un insieme estremamente articolato e complesso di materiali, impianti, tecnologie e modelli per cui l'investigazione non può prescindere dalla conoscenza (a volte anche di dettaglio) di tali sistemi.

L'obiettivo finale del presente lavoro è quello di fornire utili elementi per l'interpretazione dei segni di danno termico prodotti dall'incendio sugli autoveicoli, attraverso cui poter risalire alla zona d'origine dell'evento. Una volta individuata l'area d'origine, la determinazione della causa, sarà condotta attraverso una rigorosa applicazione del metodo scientifico in modo da discriminare fra tutte le possibili ipotesi investigative quella più probabile in ragione dell'analisi dei dati raccolti nel corso dei sopralluoghi, ispezioni, testimonianze, verifiche, etc.

Inoltre sono state condotte una serie di prove sperimentali d'incendio su alcuni autoveicoli, al fine di poter caratterizzare i segni di danno termico derivanti dall'incendio al variare della zona e della tipologia della sorgente d'ignizione.

L'esecuzione di tali prove sperimentali ha consentito di riscontrare la presenza di alcuni segni caratteristici lasciati dall'incendio, già classificati nella letteratura tecnica di settore (NFPA 921 "Guide for Fire and Explosion Investigations"). Come si avrà modo di illustrare, la caratterizzazione di tali segni rappresenta un importante strumento d'interpretazione per gli investigatori.



## 2. CENNI SUL COMPORTAMENTO AL FUOCO DEI MATERIALI NEGLI AUTOVEICOLI

Quali sono i materiali combustibili normalmente presenti negli autoveicoli, che a contatto con una sorgente d'ignizione possono far scaturire un incendio?

Proviamo a rispondere a questa domanda, con un elenco di tali materiali che viene riportato nel capitolo sugli incendi di veicoli a motore della pubblicazione NFPA 921 "Guide for Fire and Explosion Investigations".

### << ... **Combustibile nei veicoli incendiati** .....

Un' ampia varietà di materiali e sostanze può fungere da materiale combustibile, nell'incendio di un autoveicolo. Questi includono carburanti per motori e fluidi per la trasmissione, servosterzo e freni; refrigeranti; lubrificanti; fluidi per tergicristalli; vapori delle batterie; materiali presenti all'interno del veicolo come merce trasportata. Una volta che l'incendio è iniziato, ciascuno di questi materiali può contribuire come combustibile secondario, influenzando sul tasso di crescita dell'incendio e sul conseguente danneggiamento del veicolo.

### **Liquidi infiammabili.**

I liquidi infiammabili utilizzati nei motori dei veicoli possono contribuire in maniera importante all'incendio di un veicolo. Questi liquidi possono entrare in contatto con una sorgente di accensione come risultato di un malfunzionamento di uno dei sistemi del veicolo. La tabella 25.3.1 di seguito riportata, illustra le proprietà fisiche dei liquidi infiammabili utilizzati negli autoveicoli. L'incendio di un liquido infiammabile dipende dalle proprietà del liquido stesso, dal tipo della fonte di accensione e da altre variabili relative al veicolo. I valori della temperatura d'infiammabilità e della temperatura di autoaccensione riportati in Tabella 25.3.1, sono stati ottenuti attraverso test di laboratorio, e non sono generalmente direttamente applicabili all'accensione di questi liquidi quando collocati nei veicoli a motore. Infatti l'autoaccensione di un liquido in contatto con superfici calde, richiede, in genere, una temperatura sostanzialmente maggiore rispetto alla temperatura di autoaccensione di quel liquido così come ricavata dai test di laboratorio.

### **Combustibili gassosi.**

Carburanti alternativi, in particolare propano, idrogeno e GPL stanno trovando un crescente impiego in molte automobili e camion, nonché in altri veicoli. Il

propano si trova anche a bordo della maggioranza dei veicoli ricreativi (camper) per la cottura, per il riscaldamento e talora nei liquidi per la refrigerazione. I combustibili gassosi, possono derivare anche dall'uso di batterie al piombo, che sono in grado di produrre idrogeno durante la ricarica o come conseguenza di una collisione. Alcune proprietà dei combustibili gassosi infiammabili sono date in Tabella 25.3.2.

Table 25.3.1 Properties of Ignitable liquids

Liquid	Flash Point *		Autoignition Temperature <sup>b</sup>		Flammability Limits <sup>c</sup>		Boiling Point <sup>d</sup>				Density <sup>e</sup> Vapor (Air=1)
	°C	°F	°C	°F	LFL %	UFL %	IBP		FPB		
Gasoline	-45 to -40	-49 to -40	257-280	495-536	1.4	7.6	26-49	76-120	171-233	339-452	3-4
Diesel fuel (fuel oil #2)	38-62	100-145	254-280	489-500	0.4	7	127-232	260-450	357-404	675-760	5-6
Brake fluid	110-171	230-340	300-319	572-608	1.2	8.5	232-288	111-142	460-550	238-288	5-6
Power steering fluid	175-180	347-356	360->382	680->720	1	7	309-348	588-658	507-523	945-973	>1
Motor oil	200-280	392-536	340-360	644-680	1	7	299-333	570-631	472-513	882-955	>1
Gear oil	150-270	302-510	>352	>716	1	7	316-371	601-700	>525	>977	>1
Automatic transmission fluid	150-280	302-536	330->382	626->718	1	7	239-242	462-468	507-523	945-973	>1
Ethylene glycol (antifreeze)	110-127	230-261	398-410	748-770	3.2	15.3	196-198	385-388			2.1
Propylene glycol (antifreeze)	93-107	199-225	371-421	700-790	2.6	12.5	187-188	369-370			2.6
Methanol (washer fluid)	11-15	52-55	464-484	867-903	6	36	65	149			1.1

Table 25.3.2 Properties of Gaseous Fuels in Motor Vehicles

Gas	Autoignition Temperature		Flammability Limits (Vol. % fuel in air)		Boiling Point		Specific Gravity	Min. Ignition Energy (mj)
	°C	°F	LFL	UFL	°C	°F		
Hydrogen	40-572	752-1061	4.0	75.0	-253	-422	0.07	0.018
Natural gas (methane)	632-650	1169-1202	5.3	15.0	-162	-259	0.60	0.280
Propane	450-498	842-919	2.2	9.5	-42	-44	1.56	0.250

Note: The data provided in this table are for generic or typical products and may not represent the values for a specific product. When possible, values specific to the product involved should be obtained from a material safety sheet, product specifications or by standard test methods.

### Combustibili solidi.

I combustibili in materiale plastico, sono facilmente innescabili quando sono esposti ad una fonte di accensione. Infatti queste materie plastiche possono bruciare con tassi di rilascio del calore simili a quelli di un liquido infiammabile. I materiali termoplastici spesso rilasciano porzioni incandescenti (effetto

gocciolamento (Fig. n.1). A seconda della composizione e del posizionamento della plastica, tali porzioni in fiamme, possono contribuire alla propagazione dell'incendio. La tabella 25.3.3.1 elenca e riassume le proprietà di materie plastiche in genere utilizzate nei veicoli a motore. Il calore rilasciato per attrito può essere sufficiente per innescare cinghie di trasmissione, cuscinetti, lubrificanti o pneumatici. I metalli combustibili e le loro leghe per bruciare devono essere in polvere. Ad esempio il magnesio solido, può accendersi e bruciare vigorosamente. I combustibili solidi possono contribuire in maniera significativa al tasso di crescita dell'incendio e conseguentemente all'entità del danno prodotto dal fuoco.



Fig. n.1 - Vista interno abitacolo, gocciolamento dei materiali del tettuccio

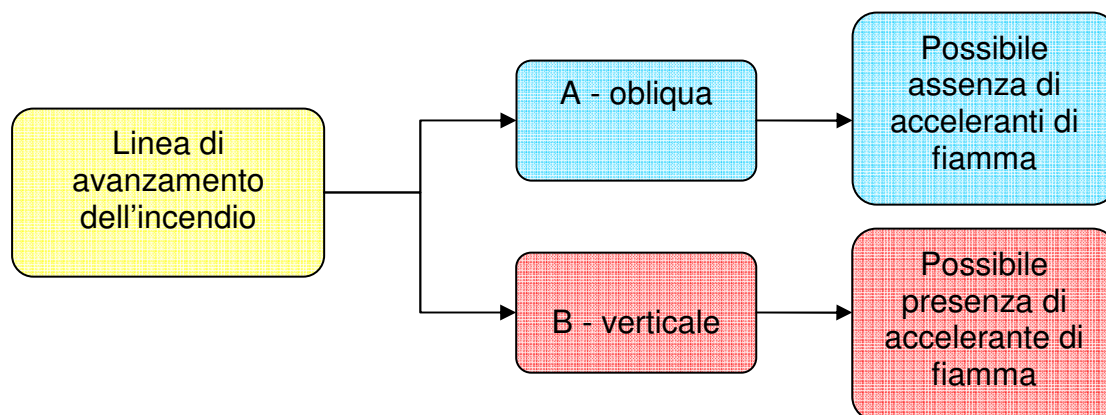
In molti casi, al posto del metallo puro sono utilizzate le leghe. La temperatura di fusione di una lega è generalmente inferiore a quella dei suoi componenti. Per determinare in modo non distruttivo la composizione di componenti metallici negli incendi di veicoli può essere utilizzata La spettroscopia EDS (Energy Dispersive Spectroscopy).....>>

### 3. GLI INCENDI DI AUTOVEICOLI

Una serie di attività d'indagine condotte su incendi di autoveicoli, svolte da personale dei vigili del fuoco, ha portato all'identificazione di segni caratteristici di danno termico, lasciati dall'incendio sulla carrozzeria e sui materiali costituenti il veicolo, attraverso cui

poter risalire all'individuazione della zona d'origine e, in alcuni casi, anche a poter discriminare tra un evento di natura dolosa da uno di tipo colposo/accidentale.

Le osservazioni condotte nell'ambito di tali indagini, hanno portato ad esempio, in ragione della "linea di avanzamento dell'incendio" ovvero di quella linea di separazione tra la zona della carrozzeria danneggiata dall'incendio e quella non coinvolta dallo stesso, alle seguenti deduzioni:



In linea generale, osservando, ad esempio, il prospetto laterale di un veicolo, quando la linea di demarcazione tra parti della carrozzeria con segni di danno termico e parti non danneggiate ha un andamento obliquo, generalmente, l'incendio è di natura colposa/accidentale (Fig. n.2); se invece tale linea ha un andamento verticale, con una netta e brusca separazione tra le parti danneggiate e quelle non danneggiate, l'incendio può più verosimilmente essere di natura dolosa, prodotto ad esempio attraverso l'uso di acceleranti di fiamma (Fig. n.3).



Fig. n.2 – Linea di demarcazione obliqua





Fig. n.3 - Linea di demarcazione verticale

Un incendio colposo/accidentale ha una evoluzione del tutto naturale, ovvero partendo dal punto d'innesco tende a propagarsi per effetto dei meccanismi naturali di trasmissione del calore e dunque, per conduzione, sui materiali a diretto contatto con la prima sorgente di calore e per convezione ed irraggiamento in quei materiali più prossimi alla sorgente stessa. In questi casi, i tempi di propagazione dell'incendio sono più lenti rispetto ad un evento di natura dolosa caratterizzato tipicamente da una più rapida combustione già dalle prime.

Altro segno tipico di un evento di natura dolosa è invece la presenza di zone contrapposte del veicoli, con evidenti segni di danno termico, separate tra loro da parti non danneggiate. Tale segno denuncia la presenza di diversi punti d'innesco (Fig. n.4). In questi casi difficilmente potrebbe motivarsi la discontinuità di danneggiamento prodotta dall'incendio attraverso una dinamica basata sui naturali meccanismi di trasmissione del calore, se non riconducendo tale discontinuità all'azione contemporanea di differenti focolai posizionati in zone diverse del veicolo.

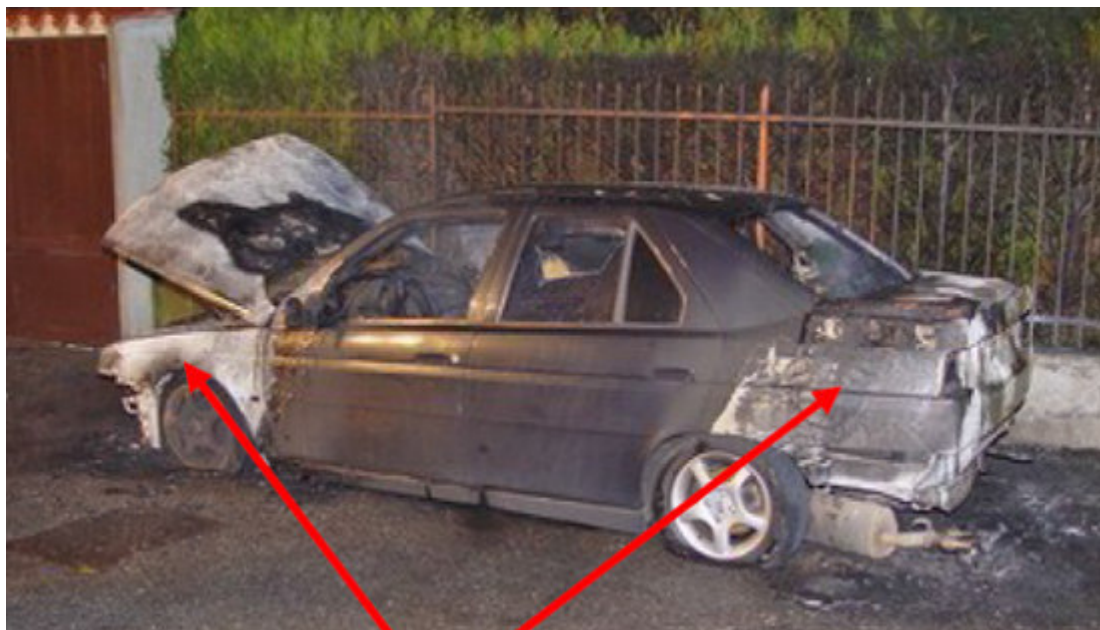


Fig. n.4 – Segni di danno termico in vani contrapposti del veicolo



In genere, la presenza di segni di un limitato principio d'incendio all'interno dell'abitacolo sono tipicamente rappresentativi di una combustione colposa/accidentale (Fig. nn.5 e 6).



Fig. n.5 – Segni di danno su un sedile anteriore lasciati da un apparecchio elettrico posto in carica.

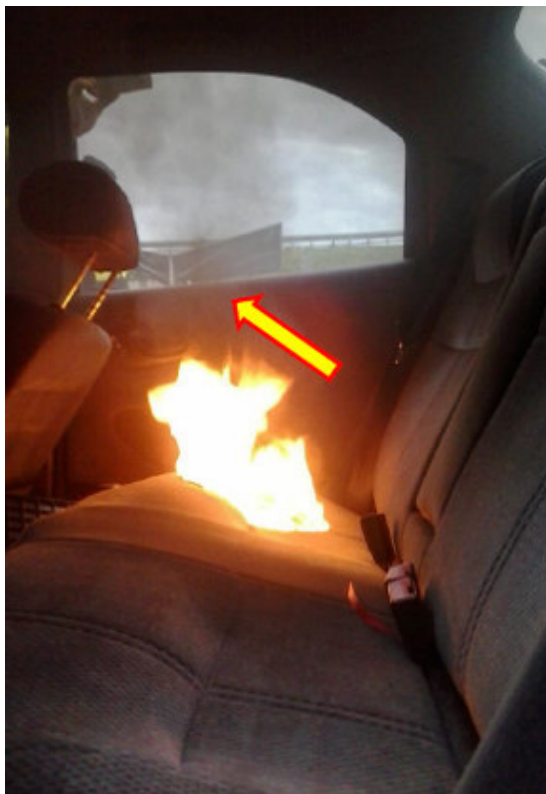


Fig. n.6 – Segni di danno su un sedile posteriore lasciati dall'accensione di una diavolina

#### 4. ANALISI DELLE TRACCE D'INCENDIO

Per tracce dell'incendio si intendono quei segni lasciati dall'incendio sull'autoveicolo a seguito della produzione di fumi, gas caldi e calore. I fattori che maggiormente interessano l'aspetto investigativo sono gli effetti prodotti dal calore e dai fumi.

##### a) Tracce di calore

Le tracce di calore sono quelle che solitamente forniscono elementi attraverso cui poter risalire alla zona d'origine dell'incendio. Segni evidenti del rilascio di energia, sotto forma di calore devono essere ricavati a ritroso attraverso la lettura dei segni di danno termico e la contestuale conoscenza del comportamento al fuoco dei materiali normalmente presenti negli autoveicoli. I segni di maggior danno termico sono più evidenti in quei materiali combustibili caratterizzati da un maggior grado di partecipazione al fuoco oppure, a parità di materiale, sono presenti in quelle zone più esposte alla sorgente di calore perché più prossime a questa o perché assoggettate agli effetti della sorgente per intervalli di tempo di maggior durata (Fig. n.7).



Fig. n.7 – Segni d'incendio su un furgone

Nel caso d'incendi che si registrano all'interno di un abitacolo, le tracce di calore interesseranno in misura maggiore elementi di arredo/tappezzeria posti nella parte alta lungo la verticale della sorgente di calore. Questo accade come diretta conseguenza della produzione di un pennacchio di fumi e gas caldi originatosi dal materiale che si è acceso. I materiali di natura plastica, normalmente presenti negli autoveicoli, quando sollecitati termicamente iniziano una fase di deterioramento che tipicamente può dar luogo ad effetti

di “gocciolamento” che a loro volta possono costituire un’ulteriore fonte di propagazione dell’incendio (Figg. 8 e 9) in altre zone del veicolo.



Fig. nn. 8 e 9 - Effetto gocciolamento materiale plastico

### **b) Tracce del passaggio dei fumi**

Avviato il processo di combustione, i fumi, con densità minore rispetto all’aria, si disporranno verso l’alto stratificandosi sulla superficie con cui vengono a contatto (ad esempio il soffitto del veicolo). La presenza o meno di tali particelle su parti interne al veicolo, quali ad esempio i vetri, consente agli investigatori di comprendere se quegli elementi abbiano o meno subito un’esposizione ai suddetti prodotti della combustione.

Alcuni spunti investigativi importanti possono essere, in genere, ottenuti dall’analisi dei frammenti di vetro di un parabrezza e/o dello sportello di un veicolo. Il vetro, quando è esposto a sollecitazioni di tipo meccanico, ha un comportamento entro un certo campo di sollecitazioni di tipo elastico, può deformarsi prima di rompersi. Se un oggetto colpisce una vetrata, questa si deforma sino al suo limite elastico, dopo di che si frattura. Questa tipologia di sollecitazione determina due serie di linee di frattura, radiali e concentriche, come mostrato nelle figure successive (Fig. nn. 10 e 11). I bordi del vetro rotto da una sollecitazione meccanica quasi sempre recano una serie di curve di frattura concoidali che vengono prodotte dal rilascio di energia dalla sollecitazione interna nella struttura del vetro.





Fig. n.10 – Esempi classici di rottura di un vetro per effetto di una sollecitazione meccanica

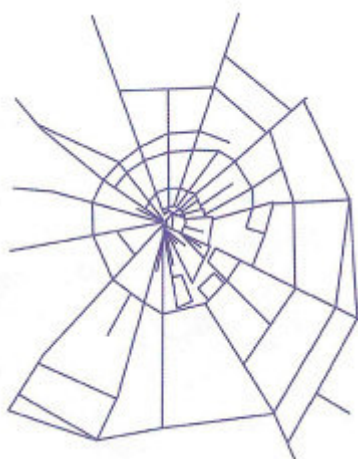


Fig. n.11 – Schema di rottura di un vetro per effetto di una sollecitazione meccanica

Il vetro però, può anche rompersi a causa di uno stress prodotto da un uniforme riscaldamento termico. Le fratture risultanti tendono a formare una curva casuale sul riquadro (a differenza delle fratture causate da una rottura meccanica, che sono quasi sempre rette).

Il vetro si espande quando riscaldato e la porzione del riquadro caratterizzata da una minore conducibilità termica tende a deformarsi in misura minore. All'interno della struttura di vetro si generano, pertanto, delle sollecitazioni di trazione sino al superamento del carico di rottura del vetro con conseguente formazione di lesioni, solitamente all'incirca parallele ai bordi del riquadro (Fig. nn.12 e 13). Le sollecitazioni di trazione, nascono tra la zona del vetro schermata dal calore radiante e convettivo ovvero prossima ai bordi del riquadro e la zona centrale che si dilata per effetto del calore (Fig. nn.12 e 13).

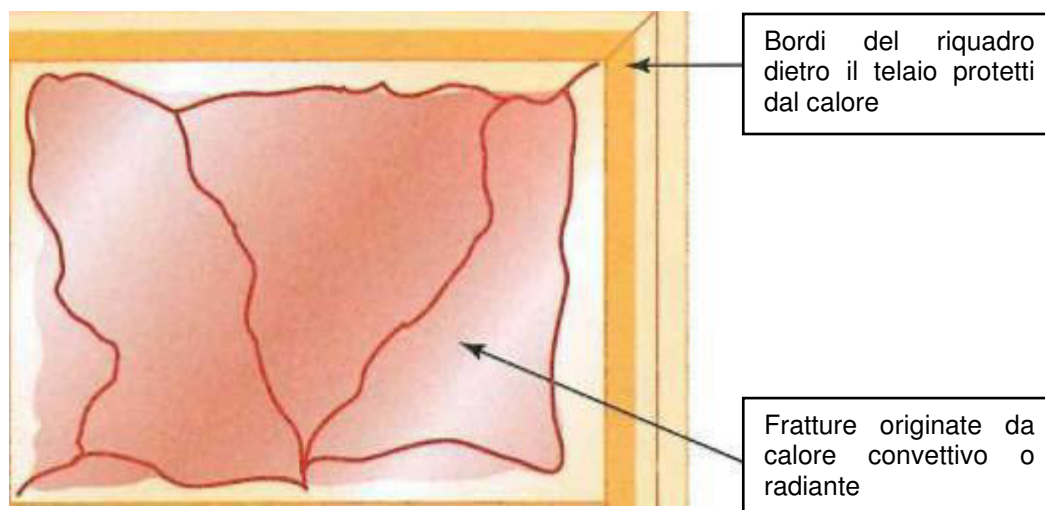


Fig. n.12 – Schema di rottura di un vetro per effetto di una sollecitazione termica



Fig. n.13 – Rottura di un parabrezza per effetto di una sollecitazione termica

Altre indicazioni possono ricavarsi dalla presenza o assenza di fuliggine sui bordi rotti di un vetro, perché è possibile in questo caso stabilire se la rottura dello stesso è avvenuta prima o dopo l'incendio. Inoltre, di non poca importanza è la posizione dei frammenti di vetro nei residui dell'incendio e la presenza o meno di fuliggine sui frammenti di vetro. Ad esempio, l'assenza di fuliggine sui frammenti di vetro proiettati a distanza potrebbe essere indice di un'esplosione avvenuta prima dell'incendio. Così, l'aspetto del vetro può dire molto ad un attento investigatore rispetto, ad esempio, alla sequenza di eventi incendio/esplosione. Molti dati utili in un'investigazione possono essere desunti anche dalla posizione dei detriti di vetro se attentamente osservati e fotografati prima dell'esecuzione di attività che comportano, ad esempio, lo spostamento di un'auto incendiata dal luogo dell'evento. I vetri rotti, diffusi da un'esplosione, devono essere tracciati (in termini di dimensioni e distanze di proiezione dei frammenti) e fotografati durante l'esame dello scenario esterno al veicolo





Fig. n. 14 – Frammenti di vetro rinvenuti a distanza dal luogo dell'incendio e privi del deposito di fuliggine

Il vetro temprato, presente nei veicoli e in molte porte, è trattato con prodotti chimici e con il calore durante la fabbricazione ottenendo una lastra molto più resistente alla rottura meccanica. Quando si rompe, si frantuma in migliaia di piccoli frammenti. In generale, per questa tipologia di vetro è più difficile un'analisi volta all'interpretazione delle linee di frattura, per comprendere se la causa della rottura è derivata da una sollecitazione di tipo meccanico oppure termico (Fig. n.14).

## 5. L'ATTIVITA' DI SPERIMENTAZIONE

### A) NFPA 921 "GUIDE FOR FIRE AND EXPLOSION INVESTIGATIONS"

Si riportano di seguito, alcuni stralci del capitolo "Motor Vehicle Fires" dell'NFPA 921 "Guide for Fire and Explosion Investigations" che vertono sull'interpretazione dei segni di danno termico per l'individuazione della zona d'origine dell'incendio.

<< ..... **Introduzione** .....

Questo capitolo verte sull'investigazione delle cause d'incendio che coinvolgono i veicoli a motore, quali automobili, camion, automezzi pesanti, automezzi agricoli e camper.

**I segni del danneggiamento, lasciati dall'incendio sulla carrozzeria, sul telaio, sull'interno del veicolo vengono spesso usati per la determinazione della zona (o delle zone) d'origine e per individuare la causa.**

Un tempo si riteneva che la rapida crescita del fuoco e i danni ingenti, erano indicativi di un fuoco doloso. Il tipo e la quantità di materiali combustibili presenti nei moderni veicoli a motore, possono produrre questo grado di danneggiamento senza l'aggiunta intenzionale di altro combustibile, quale la benzina ovvero altri acceleranti di fiamma.

Nel caso di una combustione totale del veicolo, non si può asserire che si tratti di un evento incendiario di natura dolosa, sulla sola base dell'osservazione dei segni di danno termico.

A parità di combustibile e di sorgente d'ignizione le piccole dimensioni del compartimento di un veicolo sono, infatti, causa di una rapida crescita dell'incendio rispetto ad uno stesso scenario in un ambiente di dimensioni maggiori quale potrebbe essere, ad esempio, quello di un locale di una struttura civile. Tuttavia i principi relativi alla dinamica dell'incendio sono gli stessi in un veicolo così come in una struttura e, di conseguenza, la metodologia d'indagine deve essere la stessa (ricorso al cosiddetto "Metodo Scientifico").

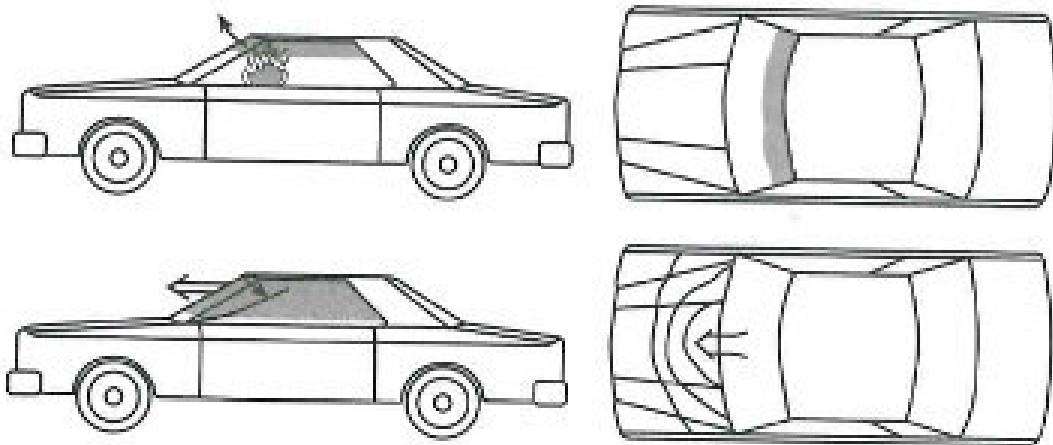
### **Esame autoveicoli**

L'esame di un autoveicolo dopo che è bruciato è un compito complesso e articolato. Come negli incendi di una struttura, il primo passo è quello di determinare la zona d'origine.

**La maggior parte degli autoveicoli possono essere suddivisi in tre grandi scomparti: vano motore, vano passeggeri e bagagliaio.**

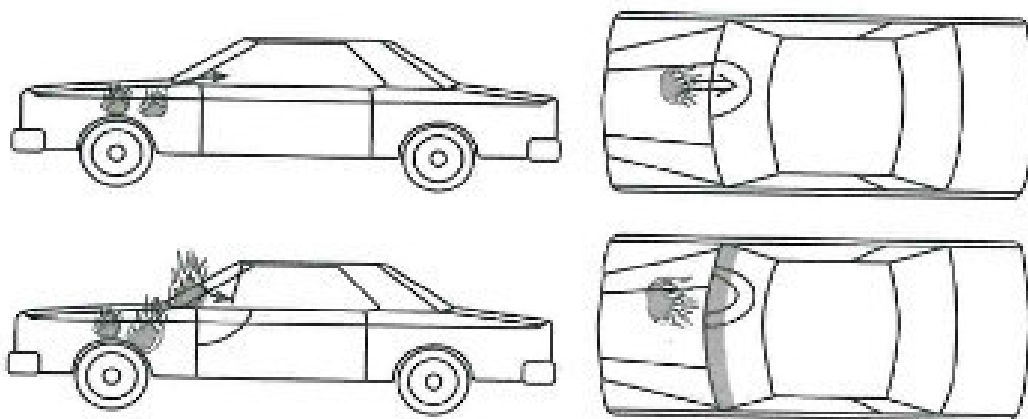
La dimensione, la costruzione e il carico d'incendio presente in questi compartimenti possono variare considerevolmente da veicolo a veicolo.

L'esame della carrozzeria, può consentire di rilevare particolari significativi dei segni lasciati dall'incendio. Ad esempio la posizione del fuoco e i meccanismi di rottura del parabrezza, possono consentire la determinazione del compartimento di origine. Alcuni schemi che illustrano il potenziale modello d'incendio, in funzione del compartimento d'origine, sono mostrati nelle figure seguenti 25.8.1.1 (a) e 25.8.1.1 (b).



**FIGURE 25.8.1.1(a) Fire Pattern Development from an Interior Origin.**

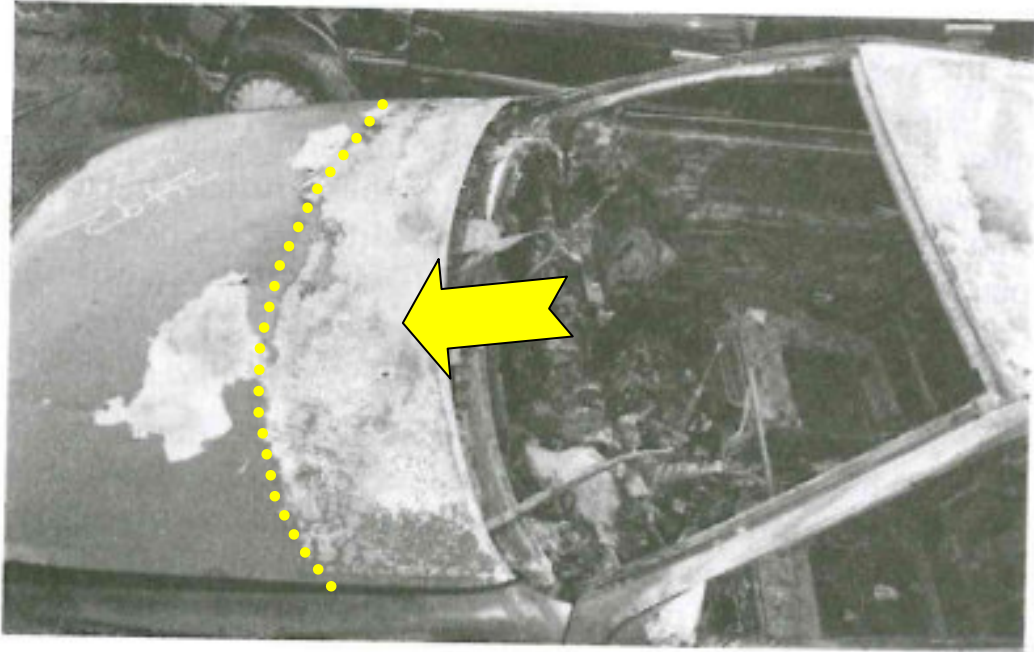
Modello di propagazione di un incendio sviluppatosi nel vano “passeggeri”



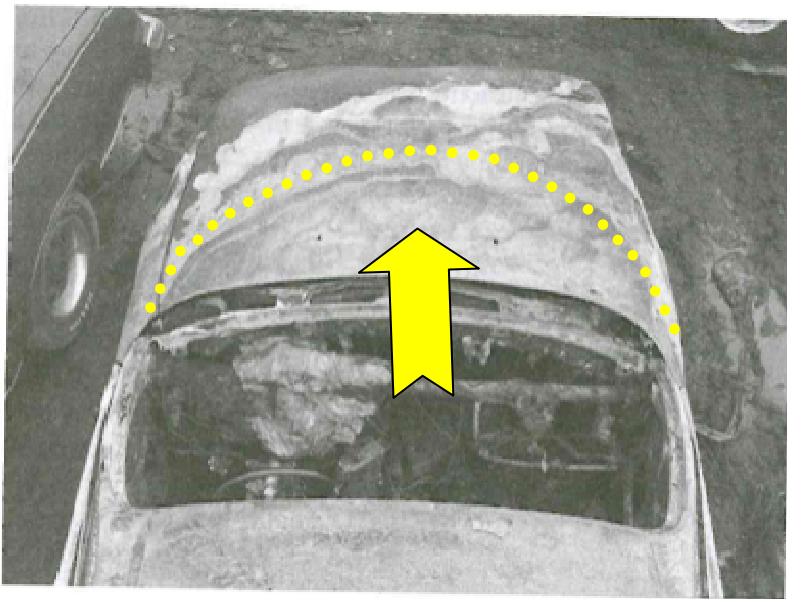
**FIGURE 25.8.1.1(b) Fire Pattern Development from an Engine Compartment Origin.**

Modello di propagazione di un incendio sviluppatosi nel vano “motore”

**Un incendio che ha origine all'esterno, frequentemente, causa la rottura della parte superiore del parabrezza e lascerà segni d'incendio radiali sul cofano, come mostrato nelle figure 25.8.1.1 (c) e 25.8.1.1 (d).**



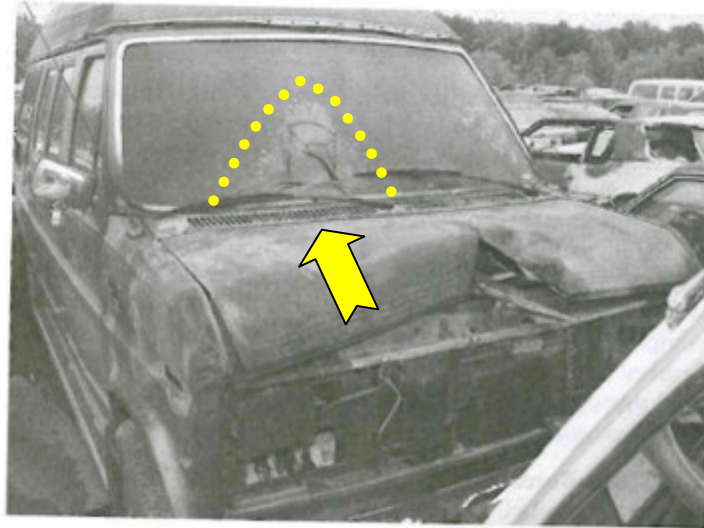
**FIGURE 25.8.1.1(c) Radial Fire Pattern Produced by a Passenger Compartment Fire.**



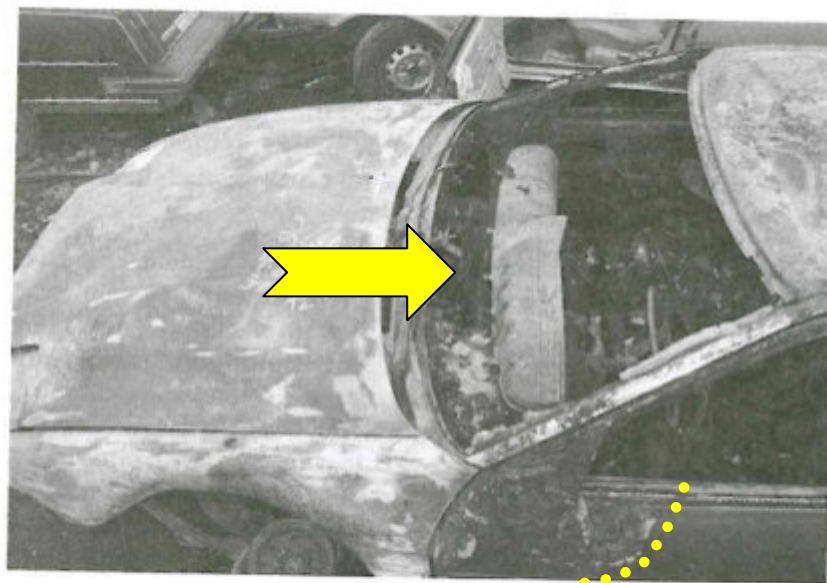
**FIGURE 25.8.1.1(d) Another Radial Fire Pattern Produced by a Passenger Compartment Fire.**

**Gli incendi che hanno origine nel vano motore, possono diffondersi nell'abitacolo tramite preesistenti attraversamenti della paratia di separazione tra questi vani, e causano la rottura della parte inferiore del parabrezza, spesso sul lato passeggero.**

***I segni radiali dell'incendio che dal vano motore, va verso l'abitacolo, possono essere osservati sulle portiere. Esempi di modelli tipici di danno, prodotti da un incendio del vano motore sono mostrati in figura 25.8.1.2 (a) e 25.8.1.2 (b)..... >>***



**FIGURE 25.8.1.2(a) Incipient Windshield Failure Caused by an Engine Compartment Fire.**



**FIGURE 25.8.1.2(b) Radial Pattern on the Driver's Side Door Produced by an Engine Compartment Fire.**

## **B) LE PROVE SPERIMENTALI D'INCENDIO**

Al fine di poter riscontrare quanto già descritto al punto precedente e con l'intento di confermare quanto osservato, in collaborazione con l'Associazione "Italian Fire Investigation", sono state realizzate, presso l'autodemolitore "Metalmilv" di Bollate (MI), delle prove d'incendio sperimentali su autovetture complete degli allestimenti interni ed



esterni. Le vetture erano state preventivamente bonificate però dal carburante, delle batterie e degli oli motori/lubrificanti.

Le prove come di seguito descritte, sono state eseguite variando la tipologia e la zona d'innescò, nonché la durata dell'incendio, al fine di poter documentare i segni di danno termico riscontrati a spegnimento avvenuto.

➤ **Alfa 156 “Incendio doloso vano abitacolo”**

Tale prova è stata eseguita per poter documentare i segni lasciati da un incendio doloso innescato all'interno dell'abitacolo di un autovettura. L'innescò è stato realizzato, versando all'interno del vano passeggeri, dal lato destro, circa 0,5 litri di benzina, previa rottura del vetro anteriore della portiera. Una volta cosparso l'accelerante di fiamma sul sedile passeggero, l'incendio è stato innescato con l'ausilio di una fiamma libera (Fig. n.15).



Fig. n.15 – Innescò dei vapori di benzina dal finestrino anteriore destro

Si riporta di seguito una sintetica descrizione della sequenza degli eventi che hanno caratterizzato la dinamica dell'incendio, annotando per ciascuna delle fasi osservate, l'intervallo di tempo trascorso dall'inizio della prova, ovvero dall'innescò dei vapori di benzina.

Dopo l'innescò dei vapori di benzina, si è registrata un'onda d'urto che determinava una parziale apertura sulla portiera anteriore lato guida. A causa di tale apertura è stata registrata la fuoriuscita di fumi anche dal lato guidatore attraverso l'interstizio venutosi a formare tra la portiera e la carrozzeria dell'auto. I fumi naturalmente sono fuoriusciti in maniera più copiosa attraverso il finestrino lato passeggero preventivamente rotto (Fig. n.16).



Fig. n. 16 – Fuoriuscita dei prodotti di combustione dalla portiera anteriore sinistra

**1' 30''** – Lesione del lunotto anteriore in alto, con fuoriuscita dei fumi dalla lesione prodottasi. Nelle fasi successive dell'incendio la lesione si estende anche alla parte inferiore del lunotto (Fig. n.17). Nello stesso istante, si registra la fuoriuscita dei fumi dalle guarnizioni degli sportelli anteriore e posteriore lato destro, come a rappresentare un incendio che pur coinvolgendo l'intero abitacolo ha comunque avuto, almeno nella fase iniziale, come fronte preferenziale di propagazione, il lato destro dell'autoveicolo.



Fig. n.17 – Rottura del lunotto anteriore visibile anche dalla fuoriuscita del fumo

**2'** – Riduzione in frantumi del finestrino dello sportello posteriore destro (Fig. n. 18). Una parte del vetro veniva proiettato a ridotta distanza dall'auto (circa 40 cm) e nello stesso momento l'incendio si generalizzava all'interno dell'abitacolo (Fig. n.19).



Fig. n.18 – Rottura del finestrino posteriore destro



Fig. n.19 – Incendio generalizzato nell'abitacolo

**2' e 30''** – Le fiamme fuoriescono dalle lesioni del lunotto anteriore, non si evidenziano segni sulla carrozzeria prodotti dall'incendio, fatta ovviamente eccezione per il tetto dell'abitacolo (Fig. n. 20).

**3'** – Si rompe il lunotto anteriore proiettando i frammenti del cristallo a circa 50 cm dall'auto, contemporaneamente si rompono i vetri laterali delle portiere sinistre (lato guida).





Fig. n.20 – Rottura del lunotto anteriore e dei finestrini lato guida

**3' 20''** – S'innescia la plastica dello specchietto laterale destro.

**3' 30''** – Avviene la rottura del lunotto posteriore.

**4'** – Inizia la combustione della vernice dello sportello anteriore destro nella parte inferiore del finestrino, dall'alto verso il basso (Fig. n.21). Nello stesso momento si innescia la vernice del portellone di chiusura del vano portabagagli.



Fig. n.21 – Fermo immagine delle riprese video – incendio portiera anteriore lato dx

**4' 30''** – Inizia ad innescarsi la vernice e la maniglia dello sportello posteriore sinistro dall'alto verso il basso (Fig. n.21).



Fig. n.21 – Innesco vernice portiera lato guida e vano bagagli

**4' 50''** – Gocciolamento di parti plastiche del rivestimento esterno.

**5' 30''** – Si registra una esplosione all'interno dell'abitacolo, probabilmente della bomboletta di propulsione degli airbag laterali.

**7'** – Fuoriuscita di fiamme dal parafrangente posteriore destro e sinistro.

**8'** – S'innescano, contemporaneamente, i due pneumatici posteriori sulla parte superiore (Fig. n.22).



Fig. n.22 – Innesco pneumatici posteriori

**10' 30''** – L'incendio dell'autoveicolo resta ancora compartimentato rispetto al vano motore, ma inizia la combustione degli elementi plastici tra il cofano del vano motore e

l'abitacolo, mentre negli istanti successivi inizia a partecipare alla combustione anche la vernice del cofano motore più esposta agli effetti dell'incendio.



Fig. n.23 - Fermo immagine delle riprese video – incendio portello vano motore

**11'** – Il gocciolamento di materiale plastico proveniente dai parafranghi delle ruote posteriori, diventa importante al punto da innescare i pneumatici posteriori anche a partire dal piano strada.

**11' 30''** – l'incendio si propaga nella parte posteriore, vano portabagagli e paraurti.

**12'** – Spegnimento da parte degli operatori. Lo spegnimento avviene tramite nastro utilizzando il getto nebulizzato nella parte esterna dell'auto e getto pieno all'interno dell'abitacolo.

### **Descrizione del danneggiamento osservato**

L'ispezione del veicolo danneggiato dall'incendio viene eseguita a distanza di circa 24 ore dalla prova. Si nota un danneggiamento della carrozzeria in modo pressoché uniforme, sulle portiere lato sinistro, anteriore e posteriore e sul lato sinistro del vano portabagagli (Fig. n.24).





Fig. n.24 – Danneggiamento lato sinistro (lato guida)

Le portiere anteriori e posteriori lato destro riportavano segni dell'incendio che apparivano del tutto simili al danneggiamento subito dalle analoghe portiere sul lato sinistro. Da una più attenta lettura, si notava che il danneggiamento sulle portiere del lato destro era esteso ad una più ampia superficie rispetto a quella delle portiere sul lato opposto (Fig. n.25).



Fig. n.25 – Danneggiamento lato destro

Osservando il cofano del vano motore, si distingueva chiaramente la presenza di un segno di forma semicircolare che delimitava, unitamente alla linea di base del lunotto anteriore, un'area maggiormente danneggiata dall'incendio, come a rappresentare un incendio propagatosi dall'interno del vano abitacolo verso l'esterno (Fig. n.26).

D'altronde, è chiaro che durante l'incendio la presenza di superfici metalliche di separazione tra il vano motore e l'abitacolo, ha prodotto di fatto una compartimentazione tra i due vani. Evidentemente l'effetto prevalente di trasmissione del calore proveniente dall'abitacolo dell'autovettura, verso il vano motore è stato quello per irraggiamento delle fiamme, irraggiamento che è andato riducendosi all'aumentare della distanza dal vano passeggeri.

Si ricorda che nel corso dell'intera durata della prova (di circa 12 minuti), l'incendio non è mai riuscito a propagarsi nel vano motore se non producendo gli effetti sul cofano di chiusura del suddetto vano come sopra evidenziati.



Fig. n.26 – Danneggiamento portello vano motore

Osservando invece l'auto dalla parte posteriore, si notava un maggior danneggiamento sul lato posteriore destro, rispetto a quello sinistro nonostante la perfetta simmetria geometrica di distribuzione dei materiali combustibili (Fig. n.27).





Fig. n.27 – Danneggiamento portello vano bagagliaio

Sulla parte superiore della carrozzeria del portello di chiusura del vano bagagliaio, si notava un uniformità di danneggiamento e l'assenza di segni simili a quelli riscontrati sul portello di chiusura del vano motore. L'assenza di un pannello di compartimentazione simile a quello esistente tra l'abitacolo e il vano motore ha evidentemente cambiato per il vano bagagliaio le modalità di trasmissione del calore proveniente dall'abitacolo. Il calore si è trasferito tra l'abitacolo e il bagagliaio attraverso i sedili posteriori per conduzione diretta, oltre naturalmente che per convezione e irraggiamento (Fig. n.28).



Fig. n.28 – Danneggiamento portello vano bagagliaio

Altro particolare osservato, più in dettaglio, è l'assenza di strati di ossido della carrozzeria metallica, in quelle zone della lamiera dove si è verificata una maggiore esposizione alle fiamme per intensità e durata. Si noti ad esempio la parte di lamiera del tetto dell'autoveicolo rappresentata nella foto seguente, a ridosso della parte superiore del lunotto anteriore, rispetto alla stessa lamiera del tettuccio dell'auto posta nell'area più centrale dello stesso (Figg. n.29 e n.30).



Fig. n.29 – Danneggiamento tettuccio auto



Fig. n.30 – Danneggiamento tettuccio auto

### **Interpretazione dei segni di danno termico**

La prova d'incendio dell'Alfa 156, ha certamente consentito di verificare quanto già osservato nella campagna conoscitiva d'indagini sugli incendi autovettura condotte da personale VV.F., oltre che quanto contenuto nella letteratura tecnica di settore, ad esempio in riferimento alla tipologia di danni riscontrati sul cofano del vano motore per un incendio partito dall'abitacolo dell'autovettura. Più precisamente come descritto, al di sopra

della carrozzeria del vano motore si è rinvenuta la presenza di segni radiali, come ad esempio quelli richiamati nella figura seguente tratta dall'NFPA 921, segno evidente di un incendio propagatosi a partire dal vano passeggeri.

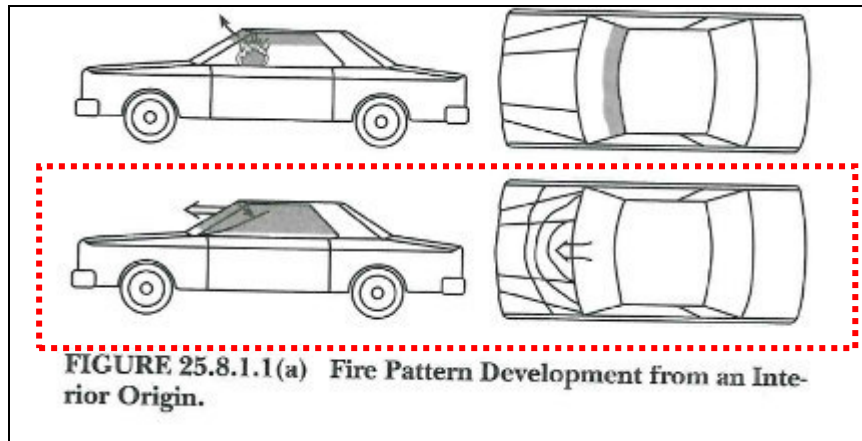


Foto n.16 – danneggiamento portello vano motore

Il veicolo al termine della prova, ha riportato un maggior danneggiamento sul lato destro (lato passeggero), rispetto a quello sinistro. Ciò accade come descritto sia per il vano bagagliaio che per le fiancate laterali. Questo maggior cimento sul lato destro, conferma l'origine di un incendio sorto in un area della vettura posizionata lungo tale lato, e poi propagatosi al resto del veicolo.

L'asimmetria dei segni di danno termico, riscontrata sulla carrozzeria del vano bagagli dell'auto, nonostante la simmetria geometrica di distribuzione del carico d'incendio, non può che dare evidenza di un incendio scaturito in un diverso compartimento dell'auto,

poiché se così non fosse, attese le limitate dimensioni del bagagliaio, si sarebbe legittimamente atteso un maggior coinvolgimento del suddetto vano nell'incendio oltre che un uniformità di danno.

Inoltre, il maggior danneggiamento sul lato destro, conferma un incendio propagatosi in misura preferenziale lungo questa direttrice.

Queste semplici considerazioni, portano ad individuare quale area di origine dell'incendio, quella del vano passeggeri e precisamente una zona di tale vano posta lungo il lato destro della vettura.

A questo punto è senz'altro utile notare la differenza dello stato di conservazione dei frammenti di vetro dei finestrini lato destro, delle due portiere anteriori e posteriori. Nella zona esterna del piazzale, ai piedi della portiera posteriore si rinvenivano unicamente frammenti di vetro con deposito di fuliggine, mentre ai piedi della portiera lato anteriore, sono presenti numerosi frammenti di vetro in assenza di tracce di nero fumo. Ovviamente questo rilievo di dettaglio, conferma la rottura del vetro destro lato passeggero, in una fase senza incendio, rottura determinatasi dalla deflagrazione iniziale che ha preceduto l'incendio. Al contrario, la presenza di fuliggine sui frammenti di vetro del finestrino posteriore lato destro, conferma la rottura del vetro a causa dell'incendio. Rispetto alla valutazione sulla possibilità che in un caso del genere, possa o meno essersi verificata una iniziale deflagrazione, aiuta rilevare la distanza di proiezione dei frammenti di vetro dall'auto. Come si nota nella foto di seguito riportata (Fig. n.31), sia che si tratti del vetro anteriore che di quello posteriore, dei finestrini lato destro, non vi sono significative distanze di proiezione. D'altronde la prova conferma come, l'iniziale rottura del finestrino lato destro anteriore, ha costituito di fatto una superficie preferenziale di sfogo dell'onda di sovrappressione, tale da non determinare un considerevole incremento della pressione interna all'abitacolo. Questi dettagli, mettono inoltre in risalto l'importanza dell'effettuazione di rilievi, volti non soltanto ad esaminare l'auto, ma anche il sito nel quale l'incendio stesso si verifica.

Quest'ultime osservazioni, confermano quale area d'origine dell'incendio, quella localizzata a destra dell'autovettura, nel vano passeggero, in prossimità della portiera anteriore. A tal punto, in un attività d'indagine, l'individuazione della causa d'incendio, non potrebbe prescindere da un ispezione di maggior dettaglio dell'area individuata come di origine, tesa alla ricerca di possibili sorgenti d'ignizione quali a titolo d'esempio: difetti di cablaggi elettrici, resistenze elettriche per il riscaldamento del sedile, tracce d'inflammabili, etc.





Fig. n.31 – Frammenti di vetro finestrini lato destro

➤ **Fiat panda van “Incendio doloso vano motore”**

Al fine di verificare i segni lasciati da un incendio innescato all'interno del vano motore di un autovettura, si è eseguita una prova versando all'interno della presa d'aria presente sul cofano del vano motore, circa 0,5 lt di benzina. Una volta versato il liquido accelerante, l'incendio è stato innescato con l'ausilio di una fiamma libera (Fig. n.31).



Fig. n.31 – Innesco dei vapori di benzina dalla presa d'aria del cofano motore

Si riporta di seguito una sintetica descrizione della sequenza degli eventi che hanno caratterizzato la dinamica dell'incendio, annotando per ciascuna delle fasi osservate, l'intervallo di tempo trascorso dall'inizio della prova, ovvero dall'innesco dei vapori di benzina. Negli istanti successivi all'innesco, si è notato che le fiamme si sono sviluppate sul cofano motore ma anche al di sotto dell'auto, a causa del gocciolamento della benzina caduta a livello del piano stradale (Fig. n.32).



Fig. n.32 – Innesco dei vapori di benzina

~ 1' – Fuoriuscita di fumo nero dai bordi del cofano motore e fiamme che fuoriescono solo dalla presa d'aria (Fig. n.33).



Fig. n.33 – Fasi iniziali dell'incendio

~ 5' – Si riduce la presenza di fiamme, aumenta la fuoriuscita di fumo denso, e si verifica un gocciolamento di materiale incandescente sotto il vano motore (Fig. n.34).



Fig. n.34 – Riduzione significativa dell'altezza di fiamma dopo 5'

~ 7' – L'incendio del vano motore riparte con maggior intensità come rappresentato dalla ripresa delle fiamme e dalla copiosa presenza di fumo (Fig. n.35).





Fig. n.35 – Incendio del vano motore dopo 7'

~ 10'÷11' – L'incendio del vano motore coinvolge anche gli elementi plastici della griglia di aerazione del radiatore e dei fanali anteriori. Inoltre, le fiamme producono la rottura del lunotto anteriore, a partire dal basso (Fig. n.36).



Fig. n.36 – Incendio del vano motore dopo 11'

~ 14' – L'incendio propagatosi anche al vano abitacolo, provoca la rottura dei finestrini anteriori lato guida e passeggero (Fig. n.37).



Fig. n.37 – Incendio del vano motore e vano abitacolo dopo ~ 14'

~ 16' – L'incendio inizia a propagarsi anche alle portiere dell'auto, bruciando lo strato di vernice dall'alto verso il basso (Fig. nn. 38 e 39).



Fig. n.38 – Incendio del vano motore e vano abitacolo dopo ~ 16'





Fig. n.39 - Fermo immagini della ripresa video dopo circa 16'÷17' dall'inizio prova che illustrano la progressione dell'incendio sullo strato di verniciatura della portiera, dall'alto verso il basso

~ 17' – L'incendio inizia ad interessare il pneumatico anteriore destro e soltanto dopo alcuni minuti il pneumatico anteriore sinistro. Infatti come è possibile notare nella foto seguente (Fig. n.40), in questa fase l'auto è inclinata sul lato destro (a sinistra dell'immagine).



Fig. n.40 – Incendio dei pneumatici anteriori destro e sinistro dopo ~ 17' ÷ 23'

~ 20' – Dopo un intervallo di tempo di circa 20 minuti, la presenza del pannello di separazione all'interno dell'auto tra i sedili anteriori e lo spazio retrostante, costituisce ancora una barriera fisica inviolata dall'incendio che non si è ancora propagato al vano bagagli (Fig. n.41).



Bagagliaio Fiat Panda Van



Fermo immagine dell'incendio dopo ~ 20'

Fig. n.41 – effetto compartimentazione del vano bagagli

Si è inoltre notato che nel corso della prova, entrambi i vetri delle portiere anteriori, si sono rotti con caduta dei all'interno dell'abitacolo (Fig. n.42).



Fig. n.42 – Rottura del vetro anteriore lato guida

La prova è stata interrotta dopo circa 30' dall'innescò dei vapori di benzina, ovvero dopo il pieno coinvolgimento del vano motore e passeggeri.

### **Descrizione del danneggiamento osservato**

Partiamo al solito da una visione d'insieme dell'auto, riprendendo le viste laterali e frontali (Fig. nn. 43, 44, 45 e 46), per descrivere il tipo di danneggiamento lasciato da un incendio di cui si conoscono le modalità d'attivazione e propagazione.

Chiaramente, anche in questo caso come nelle successive prove sperimentali, il fine dell'analisi dei danni che l'incendio lascia sull'autovettura è, quello di approfondire le conoscenze sull'interpretazione dei segni d'incendio, in modo che nell'ambito di un'indagine gli investigatori possano attraverso una corretta lettura e interpretazione dei segni di danno termico, risalire alla zona d'origine dell'incendio e da questa alla individuazione della possibile causa.

Nel caso in esame, è possibile certamente mettere subito in evidenza che, l'incendio non ha interessato se non in misura assai marginale il vano portabagagli (Fig. nn. 43, 44 e 46). Al contrario, l'incendio ha completamente distrutto sia il vano motore che quello passeggeri (Fig. nn. 43, 44 e 45). Nelle foto che seguono, è possibile inoltre notare anche una sostanziale simmetria di danno tra la fiancata laterale destra e sinistra dell'auto, ma anche osservando le Fig. nn. 45 e 46, delle viste frontali e posteriore, c'è simmetria di danno fatta eccezione per alcuni particolari di seguito evidenziati.



Fig. n.43 – Vista laterale destra





Fig. n.44 – Vista laterale sinistra



Fig. n.45 – Vista frontale vano motore



Fig. n.46 – Vista posteriore vano bagagli

Sul portellone del vano motore, l'incendio ha lasciato tutta una serie di striature sulla carrozzeria metallica, che nella Fig. n. 47, sono state messe in evidenza con linea gialla tratteggiata.

Si è cioè notata, la presenza di segni pressoché concentrici rispetto alla griglia di aerazione superiore posta sul cofano motore. Il danno registrato in quest'area, appare riavvolgere a ritroso il filmato dell'incendio, ritornando esattamente a quelle fasi iniziali della prova, dove vi era la presenza di fiamme (a tratti anche alte) che fuoriescono dalla griglia di aerazione e tutte intorno nell'area in cui era stato versato il liquido infiammabile. Possiamo certamente affermare, conoscendo l'esatta evoluzione dell'incendio che nella fase iniziale, si è verificato un effetto di propagazione del danno da incendio che è andato sempre più interessando gli strati di vernice, partendo dalla griglia di aerazione sul cofano motore per proseguire poi, quasi a raggiera, verso le restanti parti. Sembra come se il danno prodotto dalle prime fiamme, abbia lasciato dei segni sulla lamiera, non più rimossi poi nelle fasi successive dell'incendio. In ogni caso, a meno di analisi più di dettaglio, non è apparsa la presenza di quei segni circolari tipici di un incendio che si propaga a partire dal vano passeggeri al vano motore, come nel caso della prima prova sperimentale già descritta.



L'esame poi della lamiera costituente il tetto del vano passeggeri, fornisce come appare chiaramente nella Fig. n. 49, delle indicazioni rispetto alla direttrice di propagazione dell'incendio. Sulla parte del tetto, posta più in fondo verso il vano bagagli, la vernice è meno danneggiata e si è riscontrata la presenza di un maggior strato di ossido o di strati di esfoliazione della vernice, rispetto alla parte centrale e a quella prossima al lunotto anteriore dove la carrozzeria appare come pulita dall'incendio.



Fig. n.47 – Segni lasciati dall'incendio sul cofano motore

Aperto il cofano del vano motore, si è constatata all'interno del suddetto vano la totale distruzione dei materiali combustibili ivi presenti, compresa la ruota di scorta posta sul lato sinistro (lato guida). Più in dettaglio, si è notato proprio relativamente alla ruota di scorta, una maggior distruzione della stessa nella parte posta a centro del vano motore rispetto a quella posta sul bordo di tale vano (Fig. n.48).



Fig. n.48 – Danneggiamento della ruota di scorta posizionata nel vano motore

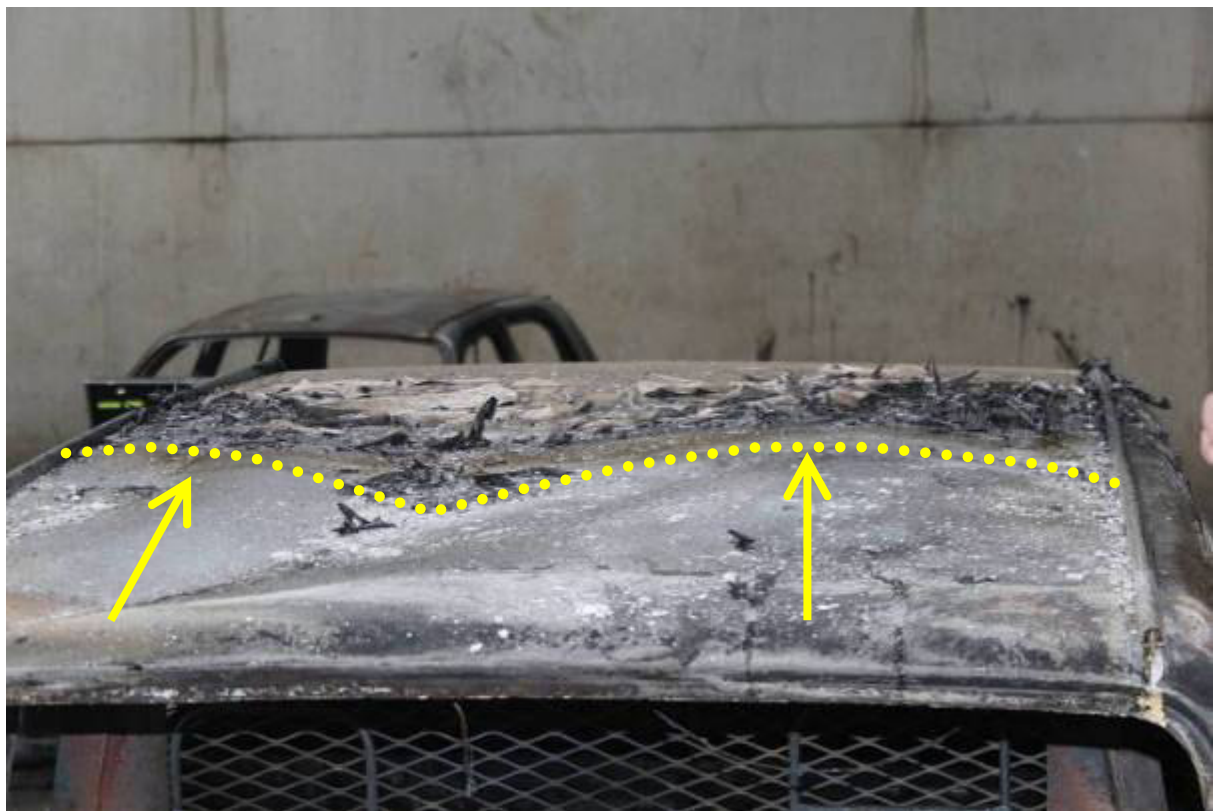


Fig. n.49 – Segni lasciati dall'incendio sul tetto dell'auto





Fig. n.50 – Segni lasciati dall'incendio all'interno del vano motore

Si è inoltre osservato un maggior danneggiamento della ruota anteriore destra, rispetto a quella anteriore sinistra (Fig. nn.51 e 52).



Fig. n.51 – Ruota anteriore destra



Fig. n.52 – Ruota anteriore sinistra

Mettendo inoltre a confronto il danno riscontrato ad esempio sulla lamiera della portiera lato passeggero (ma un ragionamento del tutto analogo può essere fatto sulla portiera lato guida), con la ripresa di quella fase dell'incendio dove inizia la combustione della vernice della portiera, ovvero a circa 16' dall'avvio della prova, non può non notarsi che sulla lamiera dell'auto restano come impressi dei segni che danno un'idea su come l'evento si sia evoluto (Fig. nn.53 e 54).



Fig. n. 53 - Fermo immagine delle riprese video – inizio combustione portiera destra

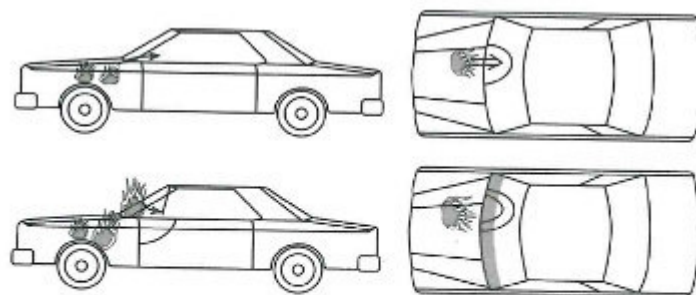




Fig. n. 54 – Danno prodotto dall'incendio sulla portiera lato passeggero

### **Interpretazione dei segni di danno termico**

La prova sperimentale eseguita sulla Fiat panda, ha certamente consentito di verificare quanto già commentato nella campagna conoscitiva d'indagini sugli incendi autovettura condotte da personale VV.F., oltre che quanto contenuto nella letteratura tecnica di settore, ad esempio in riferimento alla modalità di rottura del lunotto anteriore rispetto ad un incendio che parte dal vano motore dell'autovettura. Più precisamente come descritto nella seguente figura tratta dall'NFPA 921, un incendio che parte dal vano motore, determina la rottura del lunotto anteriore a partire dal basso. Nella Fig. n. 55, si è riportato un fermo immagine delle riprese video fatte nel corso la prova, in una fase in cui l'incendio interessa unicamente il vano motore e non si è ancora propagato al vano passeggeri. È evidente una lesione del vetro del parabrezza, posta in basso.



**FIGURE 25.8.1.1(b) Fire Pattern Development from an Engine Compartment Origin.**



Lesioni sul lunotto anteriore con linee di rottura che si propagano dal basso verso

Fig. n. 55 – Fermo immagine delle riprese video – rottura del lunotto anteriore

Nonostante si sia trattato di un incendio, provocato dall'uso di un accelerante di fiamma, non si è riscontrato nel corso della prova una linea di netta demarcazione tra il vano motore interessato dall'incendio e l'abitacolo dell'auto. Al contrario, dopo circa 14' dall'inizio della prova, l'incendio si propaga nel vano passeggeri quando ancora vi è parte della carrozzeria del vano motore non interamente interessata dalle fiamme (Fig. n.56).



Fig. n. 56 - Fermo immagine delle riprese video – ~ 14' dall'inizio della prova

Con ogni probabilità, questo è l'effetto del limitato sversamento di benzina che in parte finisce sul cofano motore, in parte all'interno del vano motore e in parte cola anche livello della pavimentazione stradale. L'effetto di quanto sopra descritto è chiaramente rappresentato nella Fig. n.56 dove a circa 1' dall'inizio della prova è già scomparsa la presenza di fiamme a livello strada.

Nelle fasi successive, l'incendio ha un'evoluzione del tutto naturale, ossia si propaga dal vano motore al vano passeggeri, come sinteticamente evidenziato con una linea direttrice sub-obliqua nella Fig. n.56.

La prova prosegue e, sostanzialmente si assiste ad una dinamica di propagazione dell'incendio dal vano motore a quello passeggeri, di sostanziale simmetria sebbene lo sversamento iniziale di benzina più sul lato destro del veicolo che su quello sinistro, vede una certa eccentricità del danno prodotto a destra rispetto a sinistra, eccentricità che naturalmente tende al limite ad estinguersi per esaurimento del materiale combustibile in assenza di spegnimento. L'effetto di tale eccentricità di danno è comunque ancora visibile al termine della prova, nonostante la durata complessiva di circa 30', se si osservano ad esempio i danni relativi ai pneumatici anteriori destro e sinistro dell'auto (Fig. nn. 51 e 52).

I segni di questa dinamica sono, nitidamente riportati anche sul tetto dell'abitacolo, dove è evidente la direzione di propagazione delle fiamme nel verso dal fronte dell'auto, verso il retro (Fig. n.49).

La prova ha inoltre messo in evidenza come la presenza di elementi fisici di separazione, quali ad esempio la lamiera di divisione tra i posti a sedere e il vano bagagli, costituisca di fatto un elemento di compartimentazione dell'incendio.

➤ **Fiat punto "Incendio doloso vano motore"**

La prova di seguito descritta è stata eseguita a fine di verificare i segni lasciati da un incendio originato da uno sversamento di liquido accelerante "benzina" nella parte anteriore di un'autovettura.

Si eseguiva uno sversamento di 1,5 lt di benzina nella parte sinistra del cofano motore, sulla ruota sinistra, abbandonando il contenitore con ancora del liquido all'interno, accanto alla ruota stessa. L'innescò con fiamma libera dei vapori di benzina produceva sin dai primi istanti di prova, gli effetti rappresentati nella foto riportata di seguito (Fig. n.57).



Fig. 57: Innesco dei vapori di liquido accelerante

**2' 00"** – Nelle fasi iniziali l'incendio comincia a propagarsi al vano motore (Fig. n.58).



Fig. 58: Prime fasi dell'incendio

**6' 00"** – Si osserva una propagazione dell'incendio a tutto il vano motore (Fig. n.59).





Fig. 59: Fase di propagazione dell'incendio nel vano motore

**7' 00"** – L'incendio resta compartimentato nel vano motore (Fig. n.60).



Fig. 60: L'incendio resta compartimentato nel vano motore

**12' 00"** – Si attivano le operazioni di spegnimento dell'incendio (Fig. n.61).



Fig. 61: Operazioni di spegnimento

**Descrizione del danneggiamento osservato**

Nel corso della prova, l'incendio ha interessato sostanzialmente il vano motore del veicolo, riuscendo soltanto nella fase finale, prima cioè dello spegnimento, a produrre un danneggiamento del vetro del parabrezza anteriore (Fig. nn.62 e 63). L'intervento a questo punto con acqua nebulizzata ha evitato la propagazione dell'incendio all'abitacolo interno del veicolo.



Fig. n.62 – Rottura del vetro del parabrezza

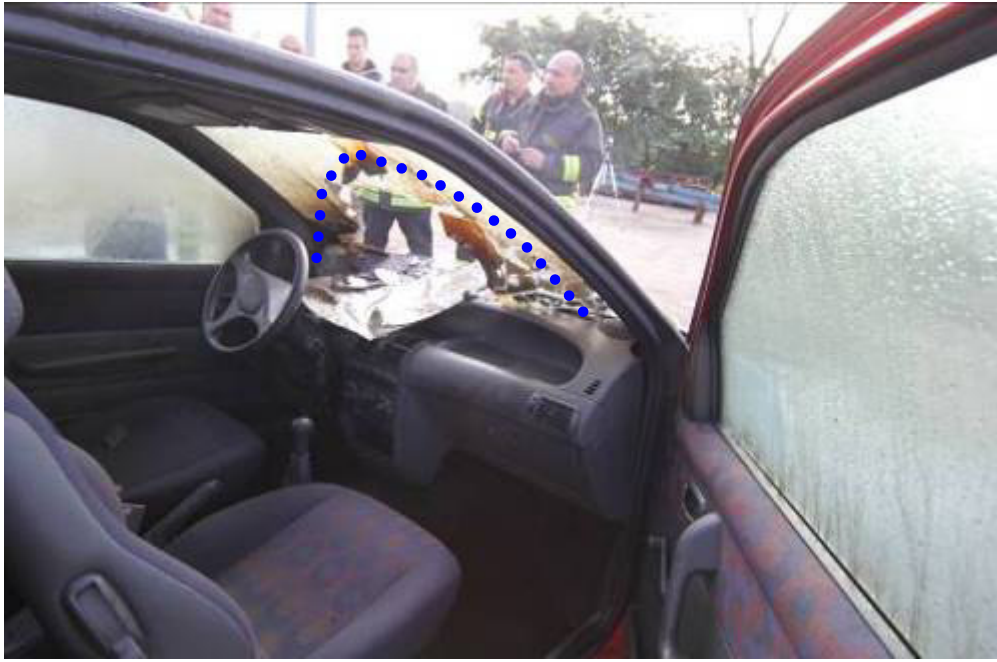


Fig. n.63 – Dettaglio della rottura del vetro del parabrezza

Il segni di danno termico sulla carrozzeria, hanno evidenziato una linea verticale di netta separazione tra la zona danneggiata del vano motore e le zone non danneggiate quali il vano abitacolo e il vano bagagli (Fig. nn.62 e 64).

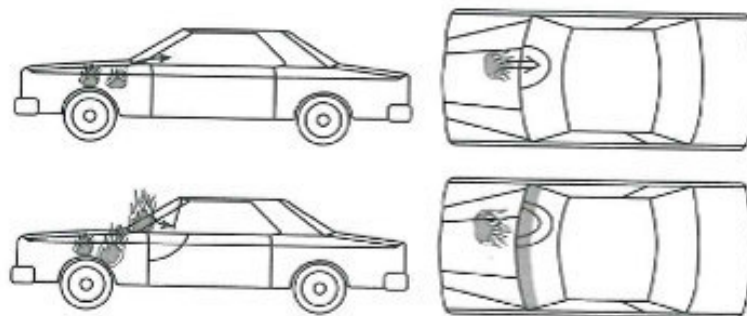


Fig. n.64 – Danneggiamento del vano motore



### Interpretazione dei segni di danno termico

La prova sperimentale di cui in oggetto, ha certamente consentito di verificare quanto contenuto nella letteratura tecnica di settore, ad esempio in riferimento alla tipologia di danni riscontrati sul vetro del parabrezza anteriore per un incendio partito dal vano motore dell'autovettura. Più precisamente come descritto nell'NFPA 921, sono evidenti i segni a forma semicircolare che caratterizzano la rottura del vetro anteriore (Fig. n. 65).



**FIGURE 25.8.1.1(b) Fire Pattern Development from an Engine Compartment Origin.**



Fig. n.65 - Tipologia di danno del parabrezza

Nella stessa foto sopra riportata (Fig. n.65) è anche evidente il maggior danneggiamento del radiatore sul lato guida rispetto a lato destro dell'autovettura, come ad evidenziare un incendio decentrato più sul lato sinistro del vano motore. Questa osservazione trova conferma anche in altri particolari che emergono raffrontando il tipo di danneggiamento delle ruote anteriori (Fig. nn. 66 e 67). La ruota anteriore destra è



risultata meno danneggiata rispetto alla gemella lato sinistro, segno evidente dell'effetto di un incendio localizzato anche a livello della pavimentazione stradale su tale lato, a causa dell'iniziale sversamento di benzina.



Fig. n.66 – Danno lato destro



Fig. n.67 - Danno lato sinistro

In ultimo, questa prova ha messo bene in evidenza come l'effetto congiunto di un utilizzo di una significativa quantità di liquidi acceleranti di fiamma e l'intervento di spegnimento eseguito prima di una propagazione dell'incendio all'intero veicolo, abbiano fatto emergere quelle linee verticali di netta demarcazione tra le parti danneggiate e non del veicolo, già osservate nell'ambito della campagna conoscitiva sulle investigazione degli incendi degli autoveicoli. La presenza di tali segni non può dunque che confermare che si tratta di incendi caratterizzati da uno sviluppo accelerato.

➤ **Opel corsa “Incendio pneumatico con diabolina”**

Al fine di verificare i segni lasciati da un incendio originato dall'incendio di un pneumatico di un'autovettura, si è provveduto a innescare del materiale combustibile quale “diabolina” posizionato nella parte superiore del copertone della ruota anteriore destra (Fig. n.68).



Fig. 68 – Innesco della ruota anteriore destra con diabolina

Si riporta di seguito una sintetica descrizione della sequenza degli eventi che hanno caratterizzato la dinamica dell'incendio, annotando per ciascuna delle fasi osservate, l'intervallo di tempo trascorso dall'inizio della prova.

**0' 50''** – Il pennacchio di fiamme e gas caldi prodotto dall'incendio della ruota, inizia ad attaccare la plastica e la parte metallica del parafrangente

**1' 05''** – Si nota fuoriuscire del fumo dalle bocchette di aerazione del cofano motore.  
(Fig. n.69)



Fig. 69 – Inizio fuoriuscita fumo dal cofano motore

**1' 30''** – Le fiamme iniziano a lambire il cofano motore.

**2' 15''** – Le fiamme cominciano ad attaccare la vernice della carrozzeria. Si nota fumo fuoriuscire dalla fessura della portiera destra. La parte interna del parafrangente è totalmente coinvolta dall'incendio (Fig. n.70)



Fig. 70: Le fiamme attaccano la vernice del parafrangente e fuoriesce fumo dall'abitacolo

**3' 25''** – Si nota la fuoriuscita di un pennacchio di fumo nella parte alta dello sportello anteriore destro.

**3' 40''** – Si osserva che le fiamme cominciano a intaccare la vernice del cofano motore.

**5' 32''** – Scoppio del pneumatico anteriore destro

**9' 40''** – L'incendio interessa l'intero comparto del vano motore. (Fig. n.71)



Fig. n.71: sviluppo dell'incendio nel vano motore

**21' 05''** – Si lesiona la parte inferiore destra del parabrezza, fino a rompersi, provocando la fuoriuscita dei fumi e la loro istantanea accensione. (Fig. n.72)

**26' 00''** – Le fiamme cominciano ad intaccare la vernice del tettuccio dell'autovettura.

**27' 15''** – Si frantuma il vetro della portiera posteriore destra e dopo circa 15 secondi si frantuma anche il finestrino anteriore destro; a questo punto il vano abitacolo è completamente invaso dalle fiamme (Fig. n.73). L'autovettura viene lasciata bruciare interamente, senza intervenire con operazioni di spegnimento (Fig. n.74).

**41' 20''** – Hanno termine le riprese video, poiché l'incendio ha ormai coinvolto interamente il veicolo, esaurendo il materiale combustibile.





Fig. 72: Dettaglio sul punto dove è avvenuto la rottura del parabrezza



Fig. 73: Il vano abitacolo invaso dalle fiamme



Fig. n.74: Termine della prova

### **Descrizione del danneggiamento osservato**

Chiaramente, anche in questo caso come nelle precedenti prove sperimentali, il fine dell'analisi dei danni che l'incendio lascia sull'autovettura è, quello di approfondire le conoscenze sull'interpretazione dei segni d'incendio, in modo che nell'ambito di un'indagine gli investigatori possano attraverso una corretta lettura e interpretazione dei segni di danno termico, risalire alla zona d'origine dell'incendio e da questa alla individuazione della possibile causa.

Nel corso della prova, l'incendio ha interessato completamente il veicolo, però, a fronte di una sostanziale regolarità di danno, un esame più di dettaglio consente di notare un diverso danneggiamento tra l'area destra rispetto all'area sinistra del veicolo, sia nel tettuccio (freccia rossa), sia nel cofano motore (freccia gialla) (Fig. n.75).

Sul cofano motore, si nota una colorazione diversa sul lato guida in prossimità del fanale anteriore (evidenziata nella foto con tratteggio blu), non presente sul lato opposto, tipica della comparsa di strati di ruggine.

Nella foto successiva (Fig. n.76), si riporta più in dettaglio il danneggiamento del tettuccio dell'auto. Sul lato sinistro sembrano ancora presenti strati sottili di materiale (probabilmente vernice combusta o strati di ossido) che a sinistra sono del tutto assenti, evidenziati nella foto nel riquadro tratteggiato in giallo.

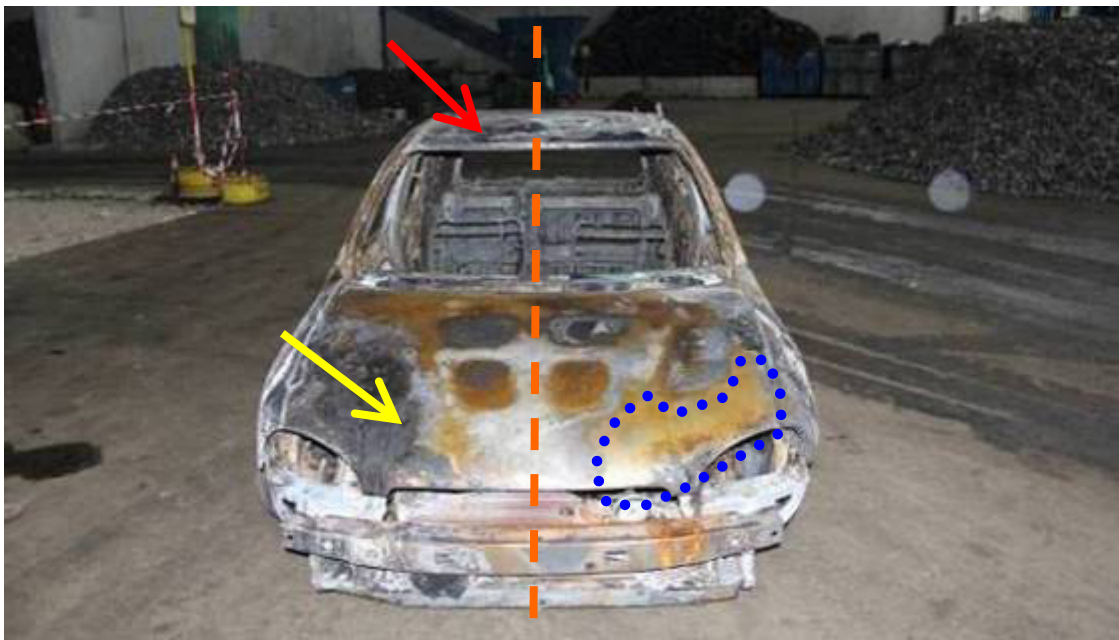


Fig. n.75: si nota l'impronta termica, in corrispondenza dell'origine dell'incendio

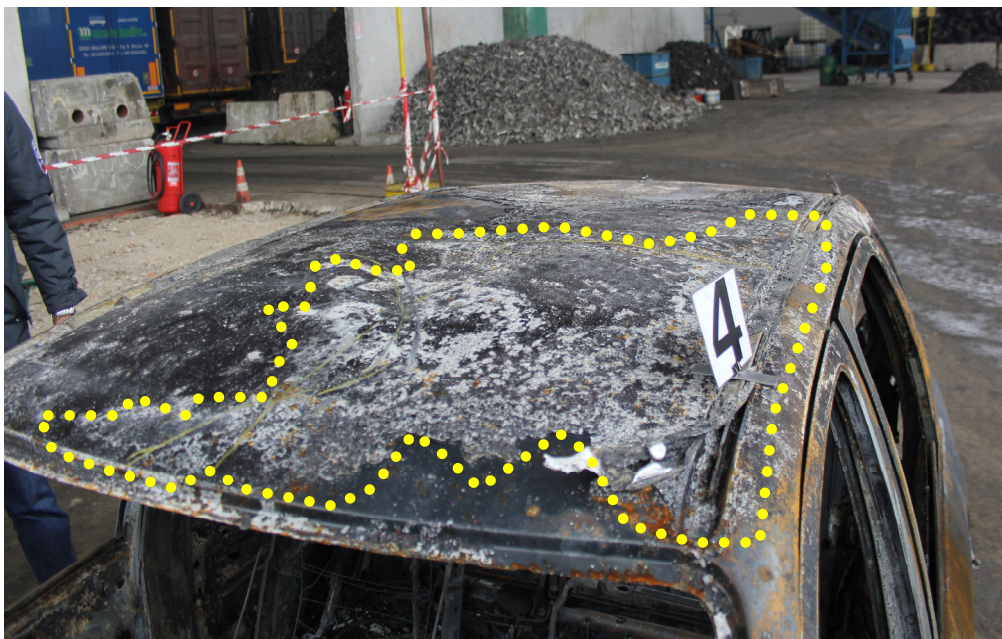


Fig. n.76: Danneggiamento subito dal tettuccio dell'auto

Sulla fiancata laterale destra, precisamente sul parafrangente della ruota anteriore destra, dove era stata collocata la diavolina nelle immediate vicinanze (Fig. n.77), si nota un danneggiamento differente, se paragonato al parafrangente della ruota anteriore sinistra (Fig. n.78). Sono infatti presenti una serie di striature di colore chiaro sulla carrozzeria, che compaiono solo parzialmente sul lato sinistro.





Fig. n.77: Fiancata destra



Fig. n.78: Fiancata sinistra

**Interpretazione dei segni di danno termico**

Nel caso in esame, deve necessariamente evidenziarsi come un incendio di natura completamente distruttiva produca una tale uniformità di danneggiamento sul veicolo che



anche agli occhi di un investigatore esperto, rende difficile l'individuazione della zona d'origine dell'incendio e conseguentemente la determinazione della causa.

Tuttavia, come evidenziato nel paragrafo precedente, delle differenze di dettaglio nel danneggiamento dell'autovettura, sono comunque emerse e possono fornire delle indicazioni nell'investigazione o quanto meno degli spunti investigativi.

Rispetto alle prove sperimentali precedenti, la differente tipologia d'innescò ha determinato tempi di sviluppo e propagazione dell'incendio molto più lenti, almeno nelle fasi iniziali. In sostanza, tale incendio per quanto di natura dolosa, potrebbe essere assimilato ad un evento accidentale/colposo, poiché l'uso ridotto di prodotti acceleranti ha dato luogo ad una dinamica assimilabile a fenomeni di trasmissione del calore e dunque di propagazione dell'incendio del tutto naturali. In effetti si vede bene, come l'incendio impieghi tempo per propagarsi dalla ruota (primo materiale acceso) ai materiali combustibili adiacenti.

Estrapolando un fermo immagine delle sequenze video, e precisamente a circa 30' dall'inizio della prova, si osserva quanto riportato nella foto seguente (Fig. n.79).



Fig. n. 79 – Evoluzione dell'incendio dopo circa 30'

Se nel suddetto fermo immagine, si traccia una linea ideale che separa le zone danneggiate dall'incendio da quelle del veicolo non ancora attaccate dal calore, si ritrova quella linea obliqua che nella campagna investigativa sugli incendi autoveicoli, viene associata ad incendi di natura colposa/accidentale, ovvero a quegli incendi non prodotti attraverso l'uso di liquidi acceleranti di fiamma.

Lo stesso effetto è messo in evidenza nelle foto seguenti (Fig. nn. 80 e 81)



Fig. n. 80 – Danneggiamento lato sx



Fig. n. – 81 Danneggiamento lato dx

Si fa osservare che, nell'incendio sperimentale della Fiat Punto, anch'esso partito dal vano motore ma con l'accensione di vapori di benzina, dopo circa 5' dall'inizio della prova l'incendio se pur partito dal lato sinistro del vano motore si era completamente diffuso in tutto il motore e dopo circa 10' aveva quasi completamente distrutto i materiali combustibili presenti nel suddetto vano. Nell'incendio dell'opel corsa, auto di dimensioni simili alla Fiat Punto, dopo circa 5' dall'inizio della prova l'incendio era ancora localizzato sulla ruota anteriore destra e dopo circa 10' aveva coinvolto soltanto il lato sinistro del vano motore che per essere completamente coinvolto ci sono voluti circa 20'.

Si riportano di seguito, messe a confronto, le immagini delle due prove sperimentali d'incendio dell'Opel Corsa e della Fiat Punto a 5' e 10' primi dall'inizio della prova per dare evidenza della differente velocità di propagazione dell'incendio (Fig. nn. 82 e 83).



Fig. n.82 - Incendio dopo 5'



Fig. n.83 - Incendio dopo 10'

## 6. ANALISI DELLE CAUSE

Le prove d'incendio sperimentali hanno sostanzialmente consentito di riscontrare quanto già emerso a livello investigativo, nell'ambito dell'analisi di molteplici incendi di autoveicoli condotte dal personale dei vigili del fuoco. Le prove sperimentali hanno inoltre consentito di rilevare quei segni tipici di danno termico cui fa riferimento la letteratura scientifica di settore, rispetto alle direttrici di propagazione dell'incendio da un vano del veicolo (motore/abitacolo) ad un altro.

Le semplici valutazioni illustrate nei capitoli precedenti e basate su un'analisi visiva consentono agli investigatori di avere utili riferimenti per lavorare alla determinazione della zona d'origine dell'incendio.

A questo punto bisogna domandarsi come, in quei casi in cui è possibile determinare la zona d'origine dell'incendio, si possa poi procedere all'individuazione della causa.

*Individuata la zona d'origine dell'incendio, lo sforzo degli investigatori dovrà essere quello di valutare tutte le possibili sorgenti d'ignizione, con un approccio all'investigazione condotto secondo il metodo scientifico.*

Con riferimento al paragrafo "Motor Vehicle Fires" dell'NFPA 921 "Guide of Fire and Explosion Investigations", l'elenco di tutte le possibili cause d'incendio da dover valutare secondo l'approccio scientifico è quello di seguito riportato.

<<.....**esame dei sistemi/impianti**

**Dopo aver stabilito il comparto di origine dell'incendio, dovranno essere esaminati ciascuno dei sistemi/impianti presenti in quest'area.**

Un investigatore dovrebbe ispezionare ogni sistema e determinare la sua condizione e il possibile coinvolgimento sistema dello stesso nell'incendio. Ad esempio: controllare il serbatoio del carburante per verificare se vi sono stati schiacciamenti o penetrazioni, verificare la condizione del sistema di alimentazione del serbatoio, di riempimento del carburante. Alcuni sistemi di riempimento del carburante sono inseriti nel serbatoio attraverso una boccola di elastomeri o una guarnizione. Queste connessioni possono rilasciare combustibile separandosi meccanicamente durante un incidente o possono bruciare se esposti al fuoco.

Devono essere rilevati la presenza o l'assenza del tappo del serbatoio di carburante ed ogni segno d'incendio o di danno meccanico a parti del sistema di riempimento. Molti tappi del serbatoio del carburante hanno componenti metallici o plastici la cui temperatura di fusione è bassa per cui possono essere distrutti durante l'incendio. I serbatoi di carburante esposti al calore o alle fiamme generalmente mostrano una linea di demarcazione che rappresenta il livello del carburante nel momento in cui l'incendio è stato estinto.

I tubi di alimentazione del carburante, dovrebbero essere controllati per rinvenire perdite o segni di danni da incendio. Questi tubi di solito hanno connessioni elastomeriche in uno o più punti lungo la loro lunghezza che possono rilasciare sostanze combustibili. La condizione di questi tubi e le prove di rilascio di combustibile in relazione alle aree di superficie o di un danno meccanico dovrebbero essere esaminate e registrate.

Durante l'ispezione dell'interno del veicolo bisogna osservare la posizione degli interruttori per determinare le rispettive posizioni (on/off, su/giù, etc). Un tentativo dovrebbe essere fatto per determinare se i finestrini erano in alto o in basso e qual era la loro condizione prima dell'incendio. La posizione del meccanismo del cambio di marcia va notata e il cilindro della serratura di accensione deve essere esaminato, se possibile, per rilevare tutti i segni, quali quelli di presenza di una



chiave, manomissioni o rottura della serratura. Tali componenti sono costituiti da diversi materiali e possono essere danneggiati in varia misura per l'esposizione al calore; tuttavia, molti possono ancora essere recuperati attraverso vagliatura di detriti e fornire informazioni utili per l'inchiesta.

### **Combustione totale**

"Total Burns" sono considerati quegli incendi che hanno consumato tutti o quasi tutti i materiali combustibili. **I veicoli che sono bruciati completamente pongono problemi particolari per determinare l'origine e la causa dell'incendio.** Se un veicolo brucia completamente e non ci sono testimoni da intervistare, il veicolo deve essere analizzato e documentato completamente. Dovrebbe essere fatto un tentativo per determinare la condizione del veicolo al momento dell'incendio. Se alcuni componenti sono mancanti, bisognerebbe provare a capire se sono stati rimossi, prima dell'incendio, oppure se sono stati rimossi o persi dopo l'incendio. La condizione pre-incendio del motore e della trasmissione può essere frequentemente determinata analizzando i fluidi presenti all'interno. Deve, inoltre essere, controllata la natura dei materiali presenti a pavimento nelle zone circostanti il veicolo, per la ricerca di residui di liquidi infiammabili.

### **Fonti di accensione**

Nella maggior parte dei casi, le fonti di energia di accensione negli incendi di autoveicoli sono riconducibili a:

- **archi elettrici;**
- **scintille meccaniche;**
- **sovraccarichi elettrici nei cablaggi;**
- **fiamme libere e materiali da fumo.**

Vi sono, tuttavia, altre fonti che devono essere considerate come le:

- **superfici calde del sistema di scarico del motore.**

Tale innesco può essere costituito dal collettore di scarico, da uno o più convertitori catalitici, silenziatori e terminali di scarico. Altre fonti di ignizione di superfici calde possono includere:

- **freni, cuscinetti, e turbocompressori.**

## **Fiamme libere**

*La fonte più comune di una fiamma libera in un veicolo è il sistema di scarico per ritorno di fiamma dal carburatore. La propagazione raramente si verifica se il filtro dell'aria è posizionato correttamente. Tuttavia, i veicoli moderni utilizzano sistemi di iniezione di carburante che eliminano il carburatore. I fiammiferi accesi e altri materiali per fumatori possono incendiare detriti nel posacenere, provocando un incendio. Nei veicoli ricreativi (camper), fiamme pilota o fornelli per il funzionamento di forni, caldaie, scaldabagni, ecc. rappresentano possibili sorgenti di accensione.*

## **Fonti elettriche**

*Quando il motore non è in funzione, l'unica fonte disponibile di energia elettrica è la batteria. Un numero limitato di componenti rimane collegato elettricamente alla batteria anche se l'interruttore di accensione è spento e il motore non è in funzione. Questi componenti possono includere, il motorino di avviamento, il quadro di distribuzione (scatola dei fusibili), il telecomando per l'auto avviamento, alcune accessori di seconda mano (non originali), accendisigari, sedili elettrici, alzacristalli elettrici, chiusura centralizzata, luci, specchietti laterali. Un veicolo che è in movimento ha molte più fonti potenziali di energia elettrica. Nei sistemi a corrente continua, il telaio, i pannelli di carrozzeria e il motore sono collegati al polo negativo della batteria per creare il sistema di terra. Il lato positivo della batteria fornisce corrente alla scatola dei fusibili e a tutti gli apparati elettrici. Ciò significa che un dispositivo elettrico può avere un solo conduttore collegato fisicamente ma è attaccato a porzioni metalliche del veicolo che completano il circuito collegandolo al terminale negativo della batteria (terra). Significa anche che il percorso di terra non può essere evidente. Quando un filo di tensione, positivo, un terminale, o un componente conduttivo tocca una superficie a terra può comportare la chiusura del circuito.*

*Veicoli come i camper, hanno a bordo batterie ausiliarie e cavi come altri autoveicoli, oltre ad inverter per la trasformazione della corrente continua in corrente alternata.*

## **Sovraccarico elettrico**

*Il sovraccarico elettrico può rappresentare un problema quando la corrente che fluisce attraverso il cablaggio è maggiore di quella che il conduttore può trasportare*

*in modo sicuro. Questo può comportare che la temperatura del conduttore può salire al punto di accensione dell'isolamento, in particolare ciò potrebbe accadere in cavi organizzati in fasci come multipli conduttori cablati dove il calore generato non può essere facilmente dissipato. Questa problematica può a volte avvenire senza che vi sia alcuna attivazione dei dispositivi di protezione del circuito se questi dispositivi non sono dimensionati correttamente. Errori e guasti meccanici dei dispositivi ad quali motori del sedile elettrico, alzacrystalli elettrici, motori e riscaldatori utilizzati nei sedili e finestrini possono anche provocare l'accensione di materiale isolante, di moquette o materiali combustibili che possono accumularsi sotto i sedili. Alcuni veicoli sono dotati di sedili che sono riscaldati da fili ad alta resistenza. In alcuni sedili un guasto può causare un corto circuito, con un conseguente aumento della temperatura superficiale che può provocare un incendio. L'aggiunta di accessori non originali può anche provocare un sovraccarico del circuito originale.*

### **Connessioni ad alta resistenza.**

*Connessioni ad alta resistenza, possono verificarsi quando vi è un collegamento elettrico scadente o inefficace tra i conduttori elettrici o altri giunzioni tra cavi. Un collegamento lento può causare la formazione di archi intermittenti quando un carico viene posizionato sul circuito. L'Alta resistenza si traduce in una riduzione o limitazione della corrente di circuito. In queste situazioni si producono temperature elevate, senza che vi sia attivazione dei dispositivi di protezione del circuito, come i fusibili o gli interruttori.*

### **Cortocircuiti elettrici e archi (Scarica elettrica).**

*Cortocircuiti possono verificarsi quando l'isolamento del conduttore elettrico viene abraso, tagliato, fratturato, o danneggiato in altro modo, permettendogli di entrare a contatto con una superficie messa a terra. Un corto circuito, può causare il riscaldamento eccessivo, così come archi elettrici o scariche elettriche. Durante un impatto, un urto, corto circuiti ed archi (scarica elettrica) possono essere creati come risultato della frantumazione, allungamento, e taglio di conduttori elettrici. Alcuni conduttori di collegamento, come ad esempio l'uscita dalla batteria e i circuiti di avviamento non sono protetti da sovracorrente e possono pertanto causare correnti con forti amperaggi.*

### **Lampadine e filamenti.**

*Superfici di lampadine possono produrre calore sufficiente per accendere alcuni materiali combustibili che possono essere in contatto con loro. Filamenti di lampadine rotte possono anche essere una fonte di accensione per alcuni vapori soprattutto di benzina. Normalmente i filamenti dei fari hanno temperature di circa 1400 °C (2550 ° F). Tuttavia, la maggior parte dei filamenti operano in un vuoto o in atmosfera inerte. Quando il filamento è esposto all'aria ambiente, potrà generalmente operare solo per pochi secondi, per poi bruciare. Una volta che il filamento si rompe, cessa di persistere quella sorgente di accensione.*

### **Fonti elettriche esterne utilizzate nei veicoli.**

*Mentre la maggior parte delle prese elettriche nei veicoli sono contenute all'interno del veicolo, vi sono situazioni in cui l'alimentazione elettrica esterna è fornita al veicolo. Esempi di queste fonti sono allacci elettrici utilizzati nei veicoli e rimorchi ricreativi, riscaldatori elettrici per blocchi motori, riscaldatori interni dei veicoli, e carica batteria. Molti veicoli utilizzati in climi più freddi hanno come riscaldatore un blocco elettrico per riscaldare l'olio motore o il liquido di raffreddamento per facilitare la partenza. Questo tipo di dispositivo di riscaldamento è tipicamente un'installazione permanente sul veicolo e sarà dotato di un cavo di alimentazione. L'ispezione dei cavi di alimentazione elettrica deve essere effettuata quando applicabile, a causa di un sovraccarico o danneggiamento, il cavo o un guasto dell'apparecchio potrebbe essere la causa dell'incendio. L'Applicazione impropria di elettricità esterna può danneggiare i componenti del veicolo, con conseguente guasto, e possibilità di incendio.*

### **Superfici calde.**

*Le superfici calde che esistono in un veicolo a motore possono arrivare ad una temperatura sufficiente ad innescare un incendio nei liquidi infiammabili comunemente presenti in questi veicoli. Questa forma di autoaccensione può essere indicata come accensione da superfici calde. Esiste una differenza tra la temperatura di autoaccensione, che è una proprietà di un determinato liquido determinata mediante metodi standard di prova, e la temperatura di accensione da superficie calda, che non è una proprietà del liquido. Prove sperimentali hanno*



*dimostrato che le temperature di accensione da superficie calde per liquidi automobilistici comuni possono essere sensibilmente superiori alle temperature di autoaccensione dei liquidi stessi. Per esempio uno studio dimostra che la temperatura di accensione da superficie calda della benzina è 354 °C (670 °F), mentre la gamma di temperature di autoaccensione riportata per la benzina è 257-280 °C (495-536 °F).*

*I sistemi di scarico possono generare temperature sufficientemente elevate per innescare dei materiali combustibili, compresi i liquidi infiammabili nel vano motore. Fluidi di trasmissione, in particolare se riscaldati a causa di un sovraccarico di trasmissione, possono prendere fuoco su un collettore caldo, così come anche l'olio motore e alcuni liquidi per freni se cadono su un collettore caldo possono dar luogo ad un incendio.*

*Tipicamente, la benzina non è innescata da una superficie calda, ma richiede un arco, una scintilla o fiamme libere per l'accensione. Mentre l'accensione di vapori di benzina da una superficie calda è difficile da riprodurre. Come riportato in "LaPointe, et al", l'accensione di liquidi da superfici calde esposte all'aria aperta non è stata osservata fino a che la temperatura della superficie calda non supera di una centinaia di gradi il valore della temperatura di accensione del liquido. L'accensione di liquidi da superfici calde è influenzata da molti fattori, non soltanto dalla temperatura di accensione del liquido. Questi fattori includono la ventilazione; condizioni ambientali, quali umidità, temperatura dell'aria e del flusso d'aria; oltre che le proprietà fisiche dei fluidi, come il punto di autoaccensione, il punto di infiammabilità, il punto di ebollizione, la tensione di vapore del liquido, tasso di vaporizzazione del liquido, etc. Altri fattori includono la rugosità della superficie calda, il tipo di materiale, e il tempo di permanenza del liquido sulla superficie calda.*

### **Scintille meccaniche.**

*Il contatto metallo-metallo (acciaio, ferro, o magnesio) o il contatto superficiale metallo-strada può creare scintille da contatto per frizione, con energia sufficiente per accendere gas, vapori e/o liquidi che sono in uno stato atomizzato. Il contatto metallo-metallo si può verificare nelle pulegge, alberi di trasmissione, o cuscinetti, per esempio. Un metallo fuori sede, comporta tipicamente un contatto superficiale*

*per effetto di un componente rotto, quale ad esempio un albero di trasmissione, il sistema di scarico, o un cerchione dopo la perdita di un pneumatico o in un incidente. Il contatto metallo-metallo o metallo-strada per generare scintille richiede che il veicolo sia in esecuzione e/o in movimento. Scintille generate a velocità a partire da 8 kmh (5 mph) raggiungono temperature di 800 °C (1470 °F) (scintille arancione). Velocità più elevate hanno prodotto scintille nell'intervallo 1200 °C (2190 °F). Il contatto Alluminio-strada, genera scintille superficiali che non sono una possibile fonte di accensione per la maggior parte dei materiali a causa della temperatura relativamente bassa di fusione dell'alluminio. La piccola dimensione delle particelle (massa) di scintille limita la quantità di energia disponibili da loro per accendere i materiali con cui vengono in contatto. Inoltre, le scintille raffreddano rapidamente, soprattutto quando si spostano attraverso l'aria, che limita ulteriormente la velocità di trasferimento di calore ai materiali su cui impattano. Per queste ragioni, è difficile per le scintille accendere un incendio in materiali solidi.*

### ***Materiali per fumatori.***

*Tessuti e materiali di rivestimento dei veicoli moderni sono generalmente difficili da bruciare attraverso una sigaretta accesa. L'accensione può verificarsi se una sigaretta accesa viene a contatto con carta, tessuto, e/o altri detriti combustibili, o se il materiale del sedile viene a contatto con fiamme libere. La schiuma di poliuretano, tipico materiale con cui sono fatti i sedili, brucia con facilità una volta accesa con una fiamma>>.*

## **7. METODOLOGIA PER L'INVESTIGAZIONE SULLE CAUSE D'INCENDIO**

Alla luce di quanto visto nei paragrafi precedenti, vediamo quale deve essere l'approccio investigativo per un incendio che coinvolge un autoveicolo, partendo dalla normativa tecnica di riferimento (NFPA 921 "Guide for Fire and Explosion Investigations").

Al fine di semplificare la lettura del presente paragrafo, nell'illustrazione delle fasi attraverso cui articolare l'investigazione dell'incendio di un autoveicolo, si sono riportati di seguito in virgolettato stralci della pubblicazione di riferimento << ..... >>.

- a) **L'NFPA 921 richiama innanzitutto l'attenzione degli investigatori, rispetto a questioni che attengono alla sicurezza delle operazioni da svolgere sulla scenario d'incendio:**

**<< ..... Considerazioni sugli aspetti di sicurezza nell'investigazione di veicoli coinvolti in un incendio.**

*La realizzazione di un esame approfondito di un veicolo bruciato, potrebbe comportare una serie di problemi relativi alla sicurezza degli investigatori che sono diversi da quelli che possono essere normalmente presenti in un incendio di una struttura.*

*Prima di condurre l'ispezione del telaio del veicolo, l'investigatore deve aver cura di evitare che movimenti del veicolo possano causare lesioni degli operatori. Sollevatori idraulici, martinetti, o altri dispositivi di sollevamento progettati per contenere il peso del veicolo, dovrebbero essere usati in combinazione con il blocco o l'arresto del veicolo per evitare movimenti improvvisi o la caduta sull'investigatore. Carrelli elevatori, carri attrezzi o demolitori, da soli non dovrebbero essere utilizzati per sostenere il veicolo per tali controlli.*

*Airbags inesplosi, potrebbero rappresentare un serio problema di sicurezza per gli investigatori antincendio. L'azoturo di sodio, utilizzato come agente per l'espulsione degli airbag, nei vecchi modelli di veicoli, è un composto pericoloso e il contatto o l'inalazione può costituire un potenziale pericolo per la salute dell'investigatore. A causa della maggiore installazione di airbags, alcuni veicoli dispongono di airbags molteplici e di sistemi reattivi per la ritenuta dei passeggeri. L'investigatore dovrà identificare i sistemi che sono presenti, le condizioni di funzionamento di tali sistemi, e se necessario rendere tali sistemi sicuri prima di ispezionare il veicolo, per evitare azionamenti accidentali.*

*L'ispezione di un veicolo bruciato, può presentare molte altre situazioni che comportano rischi per la sicurezza dell'investigatore. Questi possono includere perdite di carburante, o combustibile rimasto nei serbatoi che presenta un pericolo d'incendio; perdita di lubrificanti che possono comportare rischi di caduta o scivolamento; energia elettrica immagazzinata nelle batterie, o vetri rotti che possono costituire pericoli di puntura o taglio.....>>*

b) ***Dopodiché, seguono le attività tese all'approfondimento della conoscenza del veicolo oggetto d'investigazione, dalla cui non si può prescindere per la valutazione delle cause d'incendio. In tal senso, l'investigatore dovrà acquisire la documentazione tecnica che possa portare ad una conoscenza delle dotazioni impiantistiche del veicolo, delle modalità di funzionamento dei sistemi di cui è dotato, etc. Tutto ciò partendo chiaramente da un'iniziale identificazione del veicolo coinvolto nell'evento.***

Si segnalano in particolare a tal riguardo, le informazioni che possono essere desunte nelle "rescue sheet" – schede del soccorritore, raccolte nella intranet del Dipartimento dalla Direzione Centrale per l'Emergenza e il Soccorso Tecnico, diramate con nota prot. dipvfv.DCPREV nr. 624 del 21.01.2016.

#### **<< ..... *Identificazione del veicolo***

*Identificare il veicolo ispezionando e registrando le informazioni. Ciò comporterà che si riporti marca, modello, anno del modello, e individuando altre caratteristiche. Il veicolo deve essere accuratamente identificato.*

#### ***Sistema di identificazione e funzione.***

*Ogni sistema di un motoveicolo ha una funzione specifica. Non tutti i veicoli a motore hanno gli stessi sistemi; tuttavia, molti sistemi operano in modo simile. Avere familiarità dei sistemi presenti a bordo dei veicoli è essenziale per la corretta comprensione di un incendio di un autoveicolo. Se l'investigatore non sa come un sistema opera, egli non sarà in grado di determinare se un malfunzionamento del sistema può essersi verificato, e se tale malfunzionamento o alterazione potrebbe essere responsabile dell'incendio. Quasi ogni veicolo a motore ha una qualche forma di pubblicazione per le riparazioni (libretti d'uso e manutenzione). La maggior parte di questi manuali di riparazione spiegano i sistemi per quel particolare veicolo. Molte pubblicazioni hanno anche guide di risoluzione dei problemi e per diagnosticare eventuali problemi. Queste pubblicazioni sono disponibili su internet, librerie, biblioteche pubbliche, negozi di ricambi auto e il produttore. Pubblicazioni di assistenza del produttore dovrebbero essere usate quando possibile in quanto forniscono le informazioni più comprensibili disponibili.....>>*



c) **Identificato il veicolo, le fasi successive dell'attività investigativa, devono essere tese alla raccolta dei dati volta a comprendere la possibile dinamica dell'incendio. Per questo motivo è di fondamentale importanza poter ispezionare il veicolo danneggiato prima che questo venga rimosso dal luogo dell'evento.**

I segni di danno termico rilevanti al fine della ricostruzione della dinamica d'incendio, possono essere raccolti non soltanto sul veicolo ma anche sul contesto ad esso circostante, quali muri, solai, pavimentazione stradale, vegetazione circostante, etc.



Fig. n. 84 – Scenario d'incendio



Fig. n.85 – Scenario d'incendio

Inoltre, l'analisi dei luoghi in cui è avvenuto l'incendio, può consentire il ritrovamento di ordigni incendiari, liquidi infiammabili, contenitori, accendini, attrezzi da scasso e

oggetti di varia natura, come possibili fonti di prova. Inoltre, andranno ricercate telecamere di impianti di video sorveglianza che potrebbero aver registrato immagini significative ai fini dell'indagine.



Fig. n.86 – Scenario d'incendio

<< ..... **Registrazione della dinamica d'incendio del motoveicolo**

*Le stesse tecniche generali impiegate per incendi di strutture sono utilizzate per i veicoli. **Quando possibile, il veicolo deve essere esaminato sulla scena.** In molti casi, tuttavia, l'investigatore potrebbe non avere l'opportunità di visionare il veicolo sul posto. Per molte ragioni, il veicolo può essere spostato prima che l'investigatore raggiunga la scena.....>>*

**d) Analogamente a qualsiasi altra attività d'indagine sulle cause d'incendio, anche nella suddetta circostanza è di fondamentale importanza eseguire un congelamento dello stato dei luoghi attraverso l'esecuzione di un rilievo fotografico. Questo va eseguito sempre secondo il principio che dal generale porta al particolare, per cui bisognerà iniziare a documentare il luogo in cui l'incendio è avvenuto per identificarne il contesto e passare successivamente al rilievo del veicolo e dei relativi dettagli.**

Il rilievo fotografico sarà inoltre integrato dalla documentazione redatta in conformità a quanto specificato nella pubblicazione N.I.A. sulle "Linee guida e tecniche di repertazione video-fotografica nell'ambito delle attività investigative".

Riguardo al rilievo fotografico del veicolo è indispensabile, per la successiva fase di analisi dei dati volta all'individuazione della possibile zona d'origine dell'incendio, eseguire una sequenza degli scatti fotografici che riprenda l'intera superficie esterna del veicolo, secondo, ad esempio, la sequenza di scatti di seguito riportata:

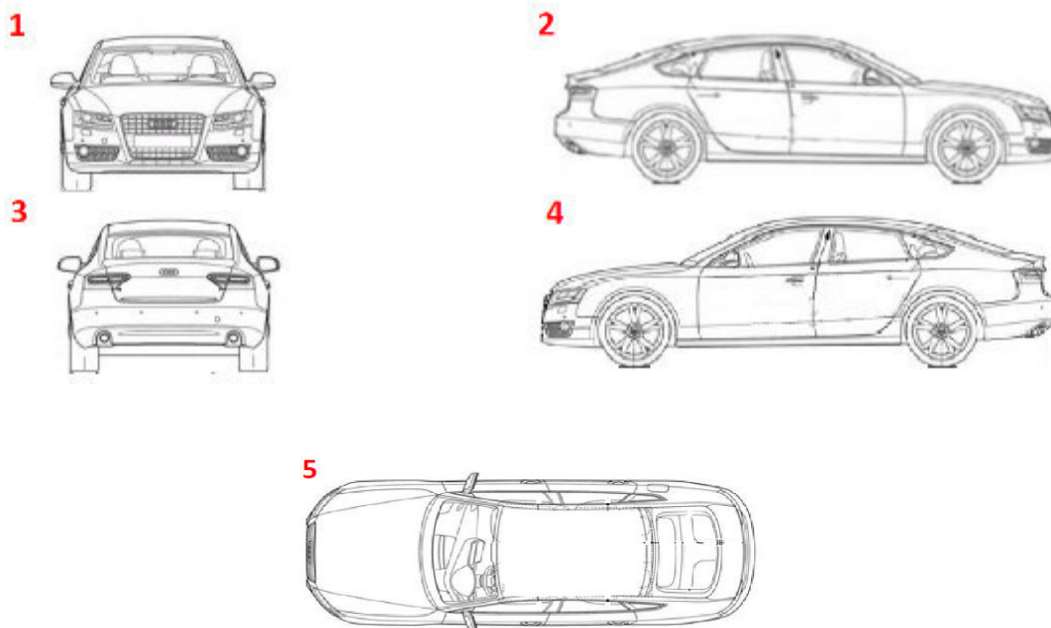


Fig. n.87 – Esempio della sequenza di scatti fotografici

Successivamente, si procederà a documentare anche l'interno del veicolo, avendo cura di rilevare lo stato di danno soprattutto di quei componenti quali: ruote, fanali, specchietti retrovisori, portiere, sedili, vetri, carrozzeria, etc. distribuiti in maniera speculare rispetto all'asse di simmetria longitudinale del veicolo.

In questo modo, alla luce delle indicazioni fornite sull'interpretazione dei segni di danno termico, sarà possibile, osservando la diversa tipologia di danneggiamento delle varie zone/componenti, condurre una analisi volta alla localizzazione della zona d'origine dell'incendio.

Per una più approfondita analisi dei segni di danno termico, è opportuno operare una suddivisione del veicolo nei vari vani costituenti (motore, abitacolo e bagagliaio), annotando su ciascuno di essi l'entità e la tipologia del danno riscontrato. Questo lavoro può essere integrato con una ulteriore suddivisione in zone del veicolo, al fine di meglio individuare la posizione del punto d'ignizione del fuoco.



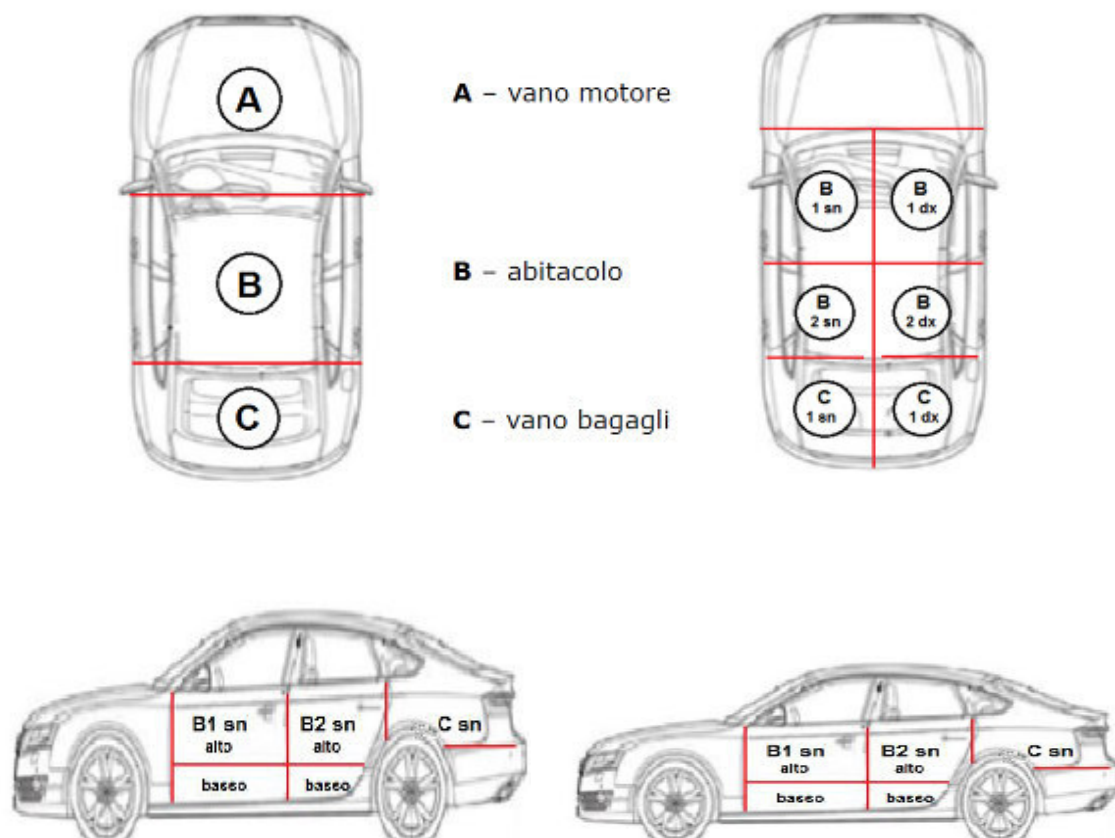


Fig. n.88 – Suddivisione in zone del veicolo

<< ..... **Documentare la scena**

*L'investigatore dovrebbe fare un disegno dello scenario d'incendio, mostrando punti di riferimento e distanze rispetto al veicolo. Lo schema dovrebbe avere dettagli sufficienti per individuare la posizione del veicolo prima della sua rimozione. La scena globale dovrebbe essere fotografata, mostrando edifici circostanti, strutture autostradali, la vegetazione, altri veicoli, e le impronte lasciate dai pneumatici o impronte.*

**Il veicolo deve essere fotografato in modo ordinato e coerente. Le fotografie devono includere tutte le superfici, compresa la parte superiore e inferiore.**

**Entrambe le aree, danneggiate e non danneggiate, incluso il danno interno e quello esterno.** *La documentazione del veicolo dovrebbe illustrare la condizione, la posizione e quanto in esso contenuto al momento del controllo. Eventuali modifiche al veicolo durante l'ispezione dovrebbero essere documentate con una serie di fotografie che mostrano ragionevolmente tali cambiamenti.*



Qualsiasi prova che mostra il percorso di propagazione del fuoco sia all'interno o all'esterno, di qualsiasi compartimento (motore, passeggeri, abitacolo, carico, ecc.) deve essere fotografata.

**Come con gli incendi nelle strutture, il percorso di propagazione del fuoco può essere difficile da determinare in un veicolo completamente bruciato.**

Gli spazi per il carico devono essere fotografati. Il tipo e la quantità di carico e qualsiasi coinvolgimento nel fuoco deve essere segnalato. Se possibile, la rimozione del veicolo e qualsiasi danno risultante dal processo di rimozione dovrebbe essere documentato. Inoltre, dopo la rimozione del veicolo, la scena deve essere fotografata pur rilevando bruciature sulla terra o carreggiata, e la posizione dei vetri e altri detriti.

**Documentare il veicolo lontano dalla scena.**

Se il veicolo è stato rimosso dalla scena, una visita alla scena può essere utile. Le fotografie che sono state prese sulla scena dovrebbero essere riviste. Prima dell'ispezione del veicolo, quante più informazioni sulla scena devono essere raccolte. L'informazione deve contenere la data e l'ora dell'evento; localizzazione dell'evento; operatore, passeggero, o dichiarazioni di testimoni; le relazioni di Polizia e dei Vigili del Fuoco; posizione del veicolo; e metodo di trasporto.

**Spesso, lo sviluppo di ruggine sui pannelli della carrozzeria pochi giorni dopo l'incendio può rendere i segni di bruciatura più visibili, ma il successivo ulteriore sviluppo di ruggine può oscurare tali segni.**

Anche se il veicolo è stato esaminato sulla scena, vi sono vantaggi nell'ispezionare un veicolo lontano dalla scena dell'incendio. Ad esempio, è più facile spostare o rimuovere i pannelli della carrozzeria che potrebbero impedire la vista delle parti critiche. Forzature di parti del veicolo per lo smontaggio di parti del veicolo, possono essere rilevate se necessarie. Spesso, possono essere fatti accordi per avere attrezzature come un carrello elevatore a disposizione per alzare il veicolo per un controllo più dettagliato. .... >>

**e) Localizzata la possibile zona d'origine dell'incendio, il passo successivo deve essere quello di ricercare la sorgente d'ignizione nella zona in cui si presume che l'incendio possa essersi originato. Questa analisi deve essere condotta rigorosamente secondo un approccio scientifico all'investigazione che deve portare a valutare tutte le possibili cause attraverso un procedimento per**

**successive esclusioni.** *Attesa la natura distruttiva dell'evento, può essere in molti casi utile, per l'investigatore, esaminare un veicolo del tutto analogo per ricostruire tutte quelle parti, componenti, impianti danneggiati al punto tale da non poter essere ispezionati. L'individuazione della causa d'incendio può richiedere, in alcuni casi, ispezioni di dettaglio del veicolo ad opera di personale specializzato da doversi eseguire presso officine meccaniche, soprattutto quando le operazioni da svolgere comportano, ad esempio, lo smontaggio di parti/elementi.*

**<< ..... Particolari del veicolo**

*Una volta che il veicolo è stato identificato come oggetto dell'indagine, le parti meccaniche di quel particolare veicolo, la sua composizione e la sua suscettibilità al fuoco dovrebbero essere esaminate. **Per garantire che nessun dettaglio sia trascurato, l'investigatore può esaminare un veicolo di anno simile, marca, modello, e le attrezzature, o dei manuali di servizio appropriati.** L'uso di una lista di controllo può aiutare l'investigatore nella ispezione completa del veicolo..... >>*

**Ritornando alla fase iniziale dell'attività investigativa, ovvero quella di raccolta dati, è molto utile per l'investigatore avere a disposizione dei modelli/check list come quelle che di seguito si riportano.** (Fig. n.93).

**<< ..... Storia della Scena**

*Uno dei primi passi da intraprendere in un'indagine su un incendio di un veicolo è la raccolta di informazioni relative alla condizione e sull'uso del veicolo prima dell'evento. Informazioni utili possono essere ottenute attraverso interviste a diverse persone, come le persone proprietarie del veicolo, l'operatore più recente che ha effettuato operazioni di servizio/riparazione, la persona o le persone che hanno scoperto l'incendio, personale dell'antincendio intervenuto, e agenti di Polizia.*

*È importante registrare le informazioni che si ottengono, in modo che possano essere prese in considerazione più tardi durante la formazione di un ipotesi sulla causa dell'incendio.*

*Esempi di informazioni che dovrebbero essere ottenute sono le seguenti:*

- (1) Ultimo uso*
- (2) Chilometraggio*

- (3) Funzionamento
- (4) Servizi
- (5) Tipo di carburante
- (6) Attrezzature
- (7) Effetti personali
- (8) Le fotografie prima dell'incendio
- (9) Fotografie durante l'incendio
- (10) Le fotografie dopo l'incendio

*L'investigatore deve tenere presente che l'elenco di cui sopra, rappresenta solo un campione delle domande che possono essere rilevanti in ogni indagine e non è destinato ad essere esaustivo.....>>*

**Rilievo della carrozzeria: forzatura delle portiere.**

*In scenari d'incendi dolosi, in genere avviene la forzatura di serratura o torsione delle parti incernierate (Fig. n.89) (generalmente portiere; rari i casi del vano bagaglio e del vano motore)*



Fig. n.89 forzatura della serratura



Fig. n.90 – linee di divergenza

*La divergenza delle linee rosse evidenzia la traslazione prodotta dalla parziale rotazione della parte superiore dello sportello anteriore sinistro al fine di ricavare uno spazio utile tale da consentire il versamento di liquido accelerante di fiamma. (Fig. n.90)*

Bisogna tuttavia fare attenzione ai falsi positivi, ovvero a deformazioni che possono apparire come segni di effrazione. *Ad esempio, deformazioni, solitamente rilevate in corrispondenza del cofano posteriore, possono indurre ad ipotizzare segni di forzatura: in realtà sono semplicemente alterazioni causate dallo scoppio dei pistoni pneumatici a servizio del portellone del bagagliaio che, essendo in pressione, con l'effetto del calore esplodono (a volte anche distaccandosi dalla scocca).* (Fig. n.90-92)



(Fig. n.90) deformazioni da scoppio di pistoni pneumatici



(Fig. n.91) deformazioni da scoppio di pistoni pneumatici



(Fig. n.92) deformazioni da scoppio di pistoni pneumatici



<b>INCENDIO AUTOVEICOLI</b>		Ufficio	N. pratica	
<b>DESCRIZIONE VEICOLO</b>				
Anno	Marca	Modello	Scadenza patente	
<b>OCCUPANTI</b>				
Nome proprietario		Indirizzo proprietario	Telefono proprietario	
Nome guidatore		Indirizzo guidatore	Telefono guidatore	
n. patente proprietario		n. patente guidatore		
<b>ESTERNO</b>				
Danni principali			Danni da fuoco	
Profondità battistrada	Tipo pneumatico		kit bulloni antifurto ruote	
Condizione dei vetri				
Ruote/Pneumatici (mancanti/bruciate/condizioni)				
Parti mancanti				
<b>INTERNI</b>				
Danni principali			Danni da fuoco	
Presenza airbag			Sistema sonoro e accessori	
Sistema ignizione			presenza chiave di accensione	
Accessori mancanti				
Contenuto personale mancante				
Lettura contachilometri			Infomazioni effettuazione revisione/tagliandi	
<b>SISTEMA CARBURANTE</b>				
Danni principali			Danni da fuoco	
Tipo carburante	Condizioni serbatoio	Condizioni tappo	Condizione livello carburante	
<b>VANO MOTORE</b>				
Danni principali			Danni da fuoco	
Livello fluidi	OLIO	TRASMISSIONE	RADIATORE	ALTRO
Parti mancanti				
<b>Sicurezza veicolo</b>				
Allarme	Porte e bagagliaio chiusi		Apertura vetri	
<b>ORIGINI/SEQUENZA IGNIZIONE</b>				
Allarme	Porte e bagagliaio chiusi		Apertura vetri	
Area				
Sorgente di calore				
Materiali accesi				
Fattore di accensione				

<b>INCENDIO AUTOVEICOLI</b>	Ufficio	N. pratica
-----------------------------	---------	------------

**OGGETTI TROVATI NEL VEICOLO**

Effetti personali
Bagagliaio/contenuto
Presenza ricambi commerciali
Airbag in sede/mancante

**NOTE**

---

---

---

---

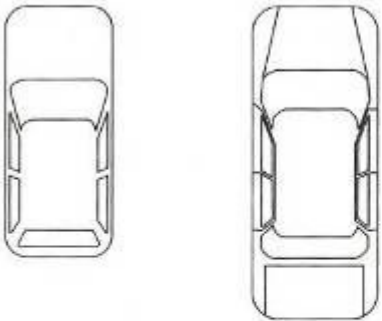
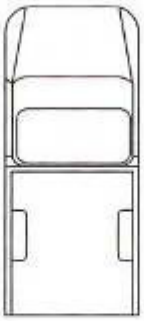
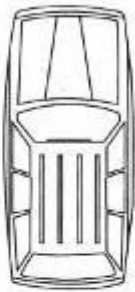
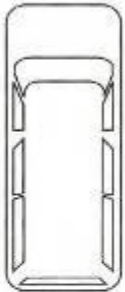
---

---

---

---

**DISEGNI**

Passenger Vehicles Compact-Full size	Pickup Truck	SUV	Van Mini - Fullsize
			

Operatore	<input style="width: 85%;" type="text"/>
Luogo	<input style="width: 85%;" type="text"/>
Data	<input style="width: 85%;" type="text"/>

(Fig. n.93) check-list per raccolta dati.

## 8. BIBLIOGRAFIA

- 1) NFPA 921. Guide for Fire and Explosion Investigation, 2011.
- 2) J. Lentini, *Scientific Protocols for Fire Investigation*, 2008.
- 3) John D. DeHaan, David J. Icove, *Kirk's Fire Investigation*, 2007.
- 4) Gregg A. Hine, *Fire scene investigation: an introduction for chemists*, in *Analysis and interpretation of fire scene evidence*, 2004.
- 5) David J. Icove, John D. DeHaan, *"Hourglass" burn patterns: a scientific explanation for their formation*, 2006.
- 6) Fire Investigation – Edited by Niamh Nic Daéid, 2004.
- 7) Incendio Autovetture – Campagna conoscitiva – Gabriele Pirovano.
- 8) Incendi Autovetture – Materiale didattico - Nicola Ranieri.

La presente pubblicazione, redatta dal personale del Nucleo Investigativo Antincendi di seguito elencato:

- *D.V.D. Ing. Armando De Rosa*
- *C.S.E. Ferruccio Esibini*

è stata realizzata con l'auspicio che possa costituire un utile riferimento, per il personale operativo dei vigili del fuoco ed in particolare, per i componenti dei costituendi Nuclei Investigativi Antincendi Territoriali, nell'ambito dell'investigazione sulle cause d'incendi ed esplosioni che interessano autoveicoli. Un ringraziamento per la predisposizione del presente lavoro va oltre agli autori, al C.S.E. Girolamo Lombardo per la collaborazione prestata nel corso delle prove sperimentali e al V.C. Alessandro Fiorillo per la ricerca e gli approfondimenti nell'ambito della letteratura tecnica di settore.

Doverosi sono inoltre i ringraziamenti all'ex C.S.E. Gabriele Pirovano del Comando VV.F. di Lecco e all'I.A. Nicola Ranieri del Comando VV.F. di Bari, per l'impegno, la professionalità e la dedizione con cui hanno svolto numerose indagini sulle cause d'incendio di autoveicoli, mettendo a disposizione del personale del C.N.VV.F. il bagaglio di conoscenze acquisito, oltre che un'ampia raccolta di materiale didattico e fotografico prezioso anche per la predisposizione del presente lavoro.

In ultimo, un sentito ringraziamento deve essere rivolto alla Direzione Regionale dei Vigili del Fuoco della Lombardia e all'Associazione "Italian Fire Investigation", che hanno reso possibile lo studio della dinamica d'incendio e la caratterizzazione dei segni di danno termico sugli autoveicoli attraverso l'esecuzione di prove sperimentali.

Ing. Michele Mazzaro  
Dirigente del Nucleo Investigativo Antincendi