

# **L'indagine scientifica del crimine: notazioni di chimica e balistica**

**Camera Penale di Imperia - Sanremo**

**30 giugno 2017**

**A cura del Prof. Alberto Brandone**  
**Chimico Forense**  
Via Ferrini, 79/C  
**27100 PAVIA**  
e-mail: [alberto.brandone@alice.it](mailto:alberto.brandone@alice.it)

## CAPITOLO 1°

Esigenze operative dettate dalla necessità di avviare a soluzione vicende di carattere giudiziario hanno ripetutamente proposto la inderogabilità di procedere ad una accurata e probatoria indagine scientifica del crimine.

Recenti casi giudiziari hanno portato alla attenzione del pubblico interesse, le incertezze derivanti da non accurate e frettolose operazioni di sopralluogo e di indagini scientifiche sia negli ambienti in cui si è svolto il crimine, sia su indumenti ed oggetti appartenenti a persone sospette, hanno insinuato il dubbio circa una non corretta ricostruzione del delitto.

E' ben vero che, prima di entrare nel merito delle metodologie che la ricerca mette a disposizione per l'indagine scientifica del crimine, sarebbe necessario discutere delle tecniche del sopralluogo. E', infatti, inutile disporre di metodi che consentono di rilevare tracce infinitesimali dei materiali più disparati, se chi ha operato per primo sul luogo del reato, non operato in modo da evitare accidentali contaminazioni della scena del crimine e non ha provveduto a raccogliere compiutamente le "tracce" utili non solo per la ricostruzione della dinamica del delitto, ma anche per l'individuazione del/dei colpevole/i.

### **Curiosità aneddotiche.**

Le possibilità offerte dalle discipline scientifiche connesse alle scienze naturali (chimica, fisica, biologia) sono state riconosciute da tempo nell'ambito poliziesco/giudiziario, tracce significative si trovano in racconti di argomento "giallo" sin dai tempi di Sir Conan Doyle che nel suo racconto "I cinque semi di arancia", fa dire ad Holmes ad un suo giovane cliente, che ha appena visto per la prima volta:

*"Siete venuto dalla zona sud-ovest della Città, vedo"*

*"Si', da Horsham."*

*"Quella miscela di argilla e gesso che vedo sulla punta delle vostre scarpe è molto caratteristica."*

Come dimostrato dai racconti di Doyle già alla fine del XIX secolo si è manifestata, dunque, l'esigenza di disporre di valide tecniche di indagine scientifica del crimine (in realtà Doyle anticipa la effettiva applicazione del metodo scientifico nell'indagine giudiziaria). Rifacendoci alla storia della letteratura così detta "gialla", a titolo aneddotico, ma pur sempre indicativo delle esigenze investigative, possiamo ricordare alcuni racconti significativi che coinvolgono la scienza nella individuazione del colpevole dei reati oggetto della vicenda.

### **Veleni mortali: la scienza nelle opere di Dorothy L. Sayers.**

Dorothy L. Sayers nacque ad Oxford nel 1893, benché non avesse ricevuto una formazione scientifica (si laureò con lode in francese nel 1915), le sue storie poliziesche sono intrecciate di fatti e opinioni sulle conoscenze scientifiche degli anni '20 e '30 del sec. XX. Decisamente, il suo lavoro più correlato con la chimica fu un romanzo scritto in collaborazione con Robert Eustace nel 1930, intitolato *The Documents in the Case*. Robert Eustace era il nome d'arte di Eustace Robert Barton, un medico (membro del personale del Gloucester Mental Hospital) e contemporaneo di Sir Arthur Conan Doyle, che dava spesso i suoi consigli agli autori che cercavano di introdurre nei loro romanzi informazioni scientifiche. In breve, *The Documents in the Case* tratta della morte di un esperto micologo, dopo che ha mangiato un piatto di funghi raccolti nel bosco da lui stesso. L'inchiesta del medico legale dà un verdetto di morte accidentale, e conclude che l'uomo, George Harrison, ha confuso il fungo *Amanita muscaria* (mortale, detto agarico delle mosche) con la *Amanita rubescens* (varietà commestibile, non velenosa dopo prolungata cottura). Questo errore avrebbe avuto per conseguenza la sua morte accidentale per avvelenamento da muscarina. Dal punto di vista farmacologico e forense, questa era un'ottima scelta per un caso di avvelenamento, perché il 90% di tutti i decessi per avvelenamento da funghi sono causati dall'ingestione di un membro velenoso della famiglia delle Amanite. Inoltre, già all'inizio del secolo, la risposta fisiologica alla muscarina era stata già ben caratterizzata. La muscarina, infatti, è nota come "il fondamento della moderna farmacologia", perché la sua preparazione è stata il primo prodotto sintetico a riprodurre fedelmente alcune delle risposte naturali alla stimolazione del sistema nervoso parasimpatico, dando origine al termine "risposta muscarinica" o "azione muscarinica" che è ancora in uso.

Lo svolgimento del romanzo, in ogni modo, verte sul fatto che il figlio di Harrison non crede che suo padre abbia potuto compiere un errore così banale. Nessuno però riesce ad immaginare come l'uomo avrebbe potuto essere stato assassinato, date le circostanze descritte nel romanzo, finché il giovane protagonista, John Munting, non sente ad un cocktail party una lezione di chimica attuale. A questa riunione si trova un chimico di nome Waters "la promessa della chimica ad Oxford", il quale risponde ad una domanda filosofica sul difficile problema di "che cosa sia la vita" in modo tipicamente chimico: *"Ora come ora - chimicamente parlando - la miglior definizione che posso dare e' che la vita e' una specie di errore, uno sbilanciamento per cosi' dire. Forse questo rende conto della sua stranezza... ..fino ad ora, e' solo la materia vivente che ha scoperto il trucco per trasformare un composto simmetrico, otticamente inattivo in un altro asimmetrico, otticamente attivo. Nel momento in cui la vita comparve sul nostro pianeta, qualcosa successe alla struttura molecolare delle cose. Esse presero una svolta particolare, che nessuno non e' mai riuscito a riprodurre artificialmente, per lo meno non senza un deliberato esercizio di intelligenza selettiva, il che e' pure, penso che ne conveniate, una manifestazione della vita. ....se si passa un raggio di luce polarizzata attraverso una sostanza la cui struttura molecolare e' simmetrica, al raggio non succede nulla; la sostanza e' otticamente inattiva. Ma se lo passate attraverso una soluzione, per esempio, di zucchero di canna, il raggio di luce polarizzata sarà ruotato, e si avrà un effetto a spirale, come attorcigliando una striscia di carta verso destra o verso sinistra. Lo zucchero e' otticamente attivo. E perché? perché la sua struttura molecolare e' asimmetrica. I cristalli di zucchero non sono sviluppati completamente. Vi e' un'irregolarità da un lato, e il cristallo e la sua immagine speculare sono rovesciati, come la mia mano destra e quella sinistra."*

*...possiamo ottenere in laboratorio, per sintesi da sostanze inorganiche, altre sostanze che una volta si pensava fossero prodotte soltanto da tessuti viventi...Ma qual e' la differenza tra i nostri processi e quelli della natura?...La sostanza prodotta per sintesi compare sempre in quella che si chiama "forma racemica". Consiste di due serie di molecole, una serie con simmetria destrorsa, e l'altra con simmetria sinistrorsa, così che il prodotto, nel suo insieme, si comporta come composto inorganico simmetrico; in altre parole, le sue due asimmetrie si annullano reciprocamente, e il prodotto e' otticamente inattivo e non ha il potere di ruotare un raggio di luce polarizzata. 11*

Waters conclude spiegando che le due forme destrorsa e sinistrorsa possono essere separate con un esercizio di intelligenza vivente, ma che questo compito non è per niente banale e anzi si dimostra molto difficile.

Nel corso di questa discussione durante il party Munting si rende conto con una penetrante sensazione che Waters gli ha detto come il crimine avrebbe potuto essere stato commesso usando della muscarina sintetica. Munting sa che il suo collega Philip Lathom è il probabile colpevole di questo delitto, e si sente lacerato tra il suo dovere e la fedeltà al suo amico. Munting interroga Waters privatamente circa queste possibilità e Water suggerisce di recarsi subito dal chimico della polizia incaricato delle indagini, e di chiedergli di esaminare campioni del cibo per verificarne l'attività ottica. La muscarina nel cibo si rivela otticamente inattiva - e quindi deve essere sintetica- perciò Harrison è stato assassinato. Munting osserva alla fine del romanzo che avrebbe odiato trovarsi al posto di Lathom ed essere stato "fregato" da una miserabile molecola asimmetrica. (Tra parentesi, questo è un lamento comune anche tra studenti di chimica che affrontano il loro esame di chimica organica che si occupa di stereochimica).

### **Uno Studio in Rosso: il Riconoscimento del sangue nel 1875**

Nel primo dei racconti di Sherlock Holmes, *A Study in Scarlet* (Uno Studio in Rosso), Watson e Holmes si incontrano nel 1881. In quell'occasione, Holmes annuncia la scoperta di una nuova reazione di riconoscimento del sangue e ne loda la specificità, la sensibilità e la semplicità. Il test era davvero semplice: "una goccia di sangue, un litro d'acqua [una parte di sangue in circa 20.000 - 30.000 parti di acqua], alcuni cristalli bianchi, una goccia di un liquido trasparente ed ecco un colore mogano scuro che formava poi una polvere brunastra". Qual era la natura chimica di questa reazione? Vediamo come nel 1875 era identificato il sangue umano.

La prima identificazione era visiva. L'investigatore semplicemente guardava il colore, il riflesso del sangue seccato, la rigidità del tessuto sul quale il sangue si era seccato, e altri fattori simili.

L'analisi chimica era in uso già nel 1875 per l'identificazione del sangue. Questi test erano congetturali, cioè se il test era positivo l'investigatore doveva proseguire applicandone altri più specifici.

Il primo test visivo è semplice: si prepara una soluzione di acqua e del campione sospetto. Se la soluzione contiene sangue, essa non cambia il proprio colore se si aggiunge dell'ammoniaca diluita; diventa bruna, però, se si aggiunge ammoniaca concentrata. Per riscaldamento si ha coagulazione.

Il test del guaiaco era la prova per il sangue più importante nel 1875. Questa reazione è attribuita a John Day, australiano (circa 1867-1869), con altre rivendicazioni da parte di Schonbein e Ven Deen. Il guaiaco, che è una resina vegetale, è aggiunto ad una soluzione acquosa del presunto sangue; poi si aggiunge dell'acqua ossigenata. Se il materiale è sangue, compare una colorazione blu. L'aggiunta di alcool produce un colore blu zaffiro.

La sensibilità è stata riportata in varie misure, da 1 parte di sangue in 2000 di acqua, a 1 parte in 100.000. Si sospetta che la sensibilità dipenda dalla purezza della resina di guaiaco. La composizione esatta della resina non è nota; comunque dalla resina si ottiene il guaiacolo. I composti simili al guaiacolo formano per ossidazione un colorante simile alla aurina. Un prodotto più complesso potrebbe dare colori più intensi, più vicini al rosso o al marrone rossiccio.

L'idea di usare la scienza come ausilio nelle indagini poliziesche fu prefigurato nell'opera narrativa di Sir Arthur Conan Doyle alla fine del secolo scorso. Ma il creatore di Holmes avrebbe fatto fatica ad immaginare quali risorse sarebbero state applicate a tale compito. Ad esempio negli Stati Uniti vi sono quasi 250 laboratori pubblici che utilizzano l'opera di circa 3500 scienziati per l'esame scientifico delle prove concernenti i crimini. Questo numero non dà idea della mole di attrezzature e personale interessato in investigazioni di tipo medico-legale e delle centinaia di laboratori e consulenti privati che si occupano di servizi di analisi forense. Le statistiche per laboratori di scienze forensi degli altri paesi sono altrettanto impressionanti: ad esempio solo l'Inghilterra e il Galles impiegano più di 600 scienziati in nove laboratori governativi.

In Italia sono attivi i Dipartimenti di Medicina Legale delle Università nonché quattro laboratori del Centro Carabinieri Investigazioni Scientifiche (RACCIS) ed un laboratorio centralizzato (in Roma) per la Polizia di Stato.

**In conclusione**, oggi abbiamo avuto un rovesciamento di filosofia quasi completo. Una miriade di strumentazioni analitiche e l'esplosiva espansione della conoscenza scientifica impediscono che tutti possano padroneggiare tutte le complessità dei vari campi del sapere che interessano la pratica della scienza forense. Come in molti altri rami dell'attività umana, si richiede un alto grado di specializzazione e la capacità di lavorare in un gruppo che comprende numerose discipline per affrontare l'esame scientifico delle prove che riguardano il crimine. L'uso e la manutenzione di strumenti complessi, come lo spettrometro di massa o il microscopio elettronico a scansione richiedono conoscenze ed esperienze ben diverse da quelle di un analista impegnato nella caratterizzazione di macchie di sangue o nell'esame di fibre sintetiche. Spesso, l'abilità interpretativa si deve formare dall'esperienza che deriva da ripetuti esami. Questo è vero particolarmente nel caso di coloro che esaminano formazioni pilifere, impronte digitali, tracce di fibre tessili DNA o documenti contestati attraverso, ad esempio, indagini sugli inchiostri. Altro importante settore è quello della balistica forense che include gli esami su armi, munizioni, proiettili e di tutto quanto collegato ai crimini che vedono l'impiego di armi da fuoco. Qui gli anni di esperienza e la quantità di reperti esaminati sono il criterio fondamentale per giudicare la competenza e l'abilità professionale dell'esaminatore. Altre specialità richiedono abilità forgiate da una combinazione di conoscenze pratiche e teoriche, supportate da una intensa attività di ricerca e pratica sperimentazione.

La tendenza verso la specializzazione è grande ed irreversibile, ed alcuni professionisti sono sinceramente preoccupati che questo sviluppo non sia di buon auspicio per una professione che ha costantemente a che fare con una grande diversità di reperti da analizzare. La mano sinistra saprà che cosa fa - o anche che cosa sa fare - la destra? Queste preoccupazioni sono comprensibili ma superabili. Per fortuna, la moderna tecnologia ha risparmiato questo destino almeno alle scienze fisiche e naturali. Benché non tutte le aree di soggettività siano state totalmente eliminate nell'interpretazione di dati analitici forensi, i progressi sono veloci. Anche un compito banale ma soggettivo come quello di confrontare i colori si può ora effettuare con un microspettrofotometro. Se necessario, i dati spettroscopici risultanti si possono mettere a disposizione di esperti, Pubblici Ministeri, Tribunali e di tutti coloro che devono valutare le prove. La ricerca di approcci più oggettivi per le analisi forensi continuerà aiutata da questi

progressi nella strumentazione che ha compiuto passi da gigante con lo sviluppo dell'elettronica.

## Capitolo 2°.

Un capitolo importante nella indagine scientifica del crimine è quello della balistica forense che riveste un ruolo importantissimo nei delitti che coinvolgono le armi da fuoco. Si ritiene opportuno, pertanto, dedicare alcune nozioni di base a questo significativo argomento, anche se non rientra nell'ambito della chimica.

### LA BALISTICA.

L'interesse per le modalità con cui, armato di un revolver HARRINGTON & RICHARDSON calibro .32 SW, Gaetano Bresci assassinò a Monza Umberto I, Re d'Italia, ad esempio; oppure per come, con una semiautomatica F.N. BROWNING modello 1910 calibro 9 corto, Gavriilo Princip uccise a Sarajevo Francesco Ferdinando, scatenando così la prima guerra mondiale o per moltissime altre simili vicende che, dagli onori della Storia, discendono sino alla cronaca dei nostri giorni, hanno risvolti pratici nella soluzione dei crimini.

La balistica è quel ramo della fisica meccanica che studia il moto dei proiettili e dei manufatti che provvedono al loro lancio. Si distinguono tre tipologie di studio balistico:

- 1) **BALISTICA INTERNA** che riguarda il moto dei proiettili all'interno dell'arma;
- 2) **BALISTICA ESTERNA** che studia il movimento dei proiettili tra la bocca dell'arma ed il bersaglio;
- 3) **BALISTICA TERMINALE** che si occupa del moto del proiettile nel bersaglio (nel nostro caso dovendosi trattare di crimini, il bersaglio è rappresentato generalmente dal corpo umano).

Nel presente elaborato si daranno alcune nozioni inerenti allo studio delle armi, del loro funzionamento e degli elementi della cartuccia (bossolo e proiettile) per le loro implicazioni processuali.

## **Le armi.**

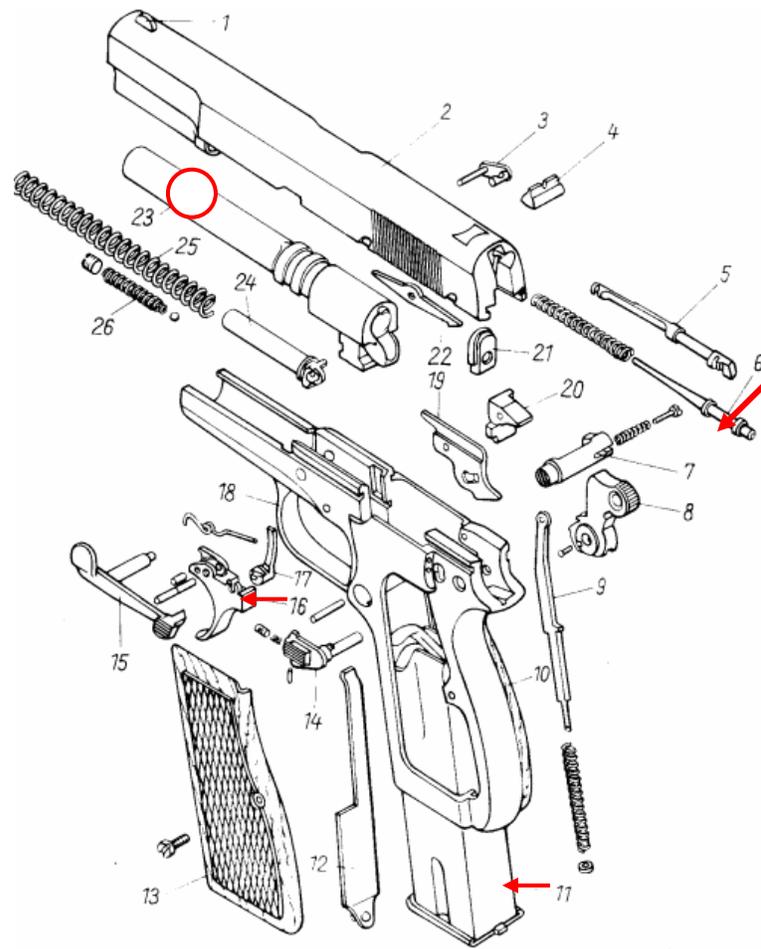
Le armi da fuoco sono quei manufatti in grado di lanciare un proiettile, si distinguono in armi portatili a canna corta (pistole e revolvers) ed a canna lunga (carabine, fucili).

Il funzionamento delle armi si basa sull'impiego di particolari composti chimici: le polveri da sparo, o meglio le polveri da lancio, in grado di sviluppare gas ad elevate pressioni che spingono il proiettile al di fuori della canna. Il complesso polvere di lancio/proiettile costituisce la "cartuccia" di cui tratteremo in un successivo paragrafo.

Lo sparo si ottiene attraverso il lavoro meccanico prodotto dall'azionamento del grilletto dell'arma che mette in moto un processo attraverso il quale il chiodo del percussore cade sulla capsula di innesco della cartuccia. Quest'ultima contiene un composto chimico sensibile all'urto che determina la formazione di una fiammata che innesca la polvere di lancio, la cui deflagrazione genera la pressione necessaria al lancio del proiettile.

La pressione generata dalla deflagrazione della carica di lancio, viene utilizzata anche per il funzionamento dell'arma (le pistole ed i fucili semiautomatici) provvedendo alla espulsione del bossolo esplosivo ed alla introduzione in canna di una nuova cartuccia.

Nella sottostante figura n° 1 è riportato lo spaccato di una pistola semiautomatica.

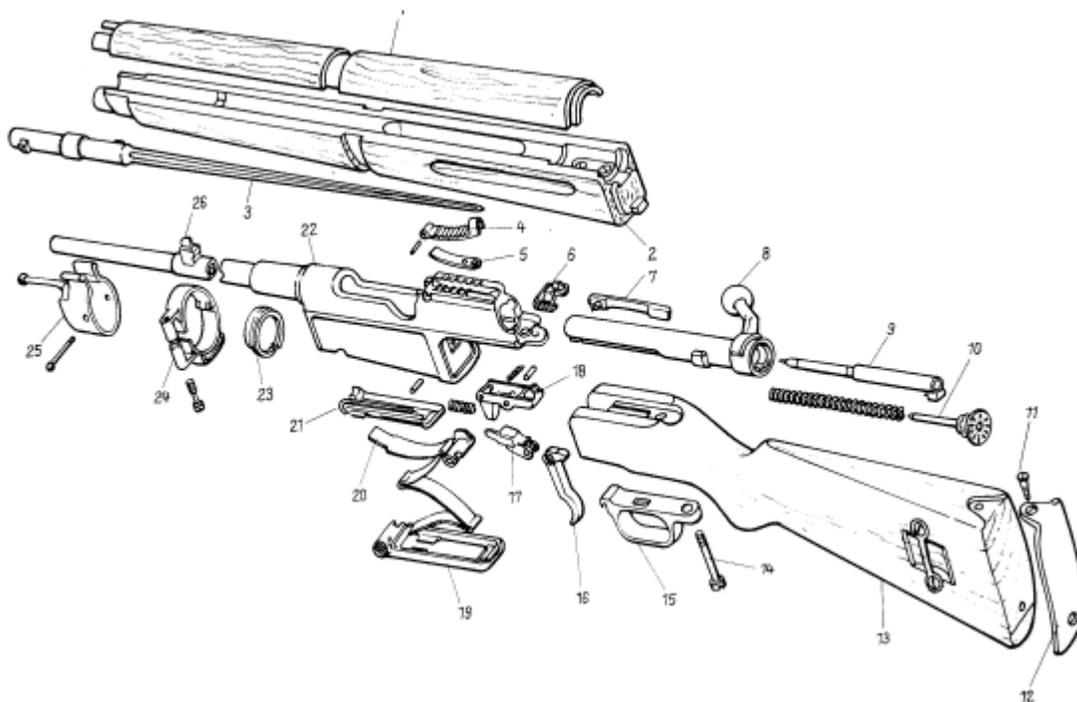


In pos. 6 è individuato il chiodo del percussore; in pos. 16 il grilletto; in pos. 23 la canna alla cui estremità posteriore viene introdotta la cartuccia prelevata dal serbatoio - caricatore di pos. 11.

In foto n° 3 è ripresa una pistola semiautomatica (P. Beretta cal. 9 mm parabellum).



Nella sottostante figura n° 4 è riportato lo spaccato di un fucile a ripetizione ordinaria.



In pos. 9 è ripreso il percussore; in pos. 8 l'otturatore; in pos. 16 il grilletto; in pos. 19,20 il serbatoio caricatore.

La nozione elementare e generica di "arma", ai fini legislativi e giuridici, risulta tuttora basata su quanto imposto dagli art. 585 e 704 del vigente Codice Penale nonché dall'art. 30 del T.U.P.S<sup>1</sup>.

L'art. 585 c.p. specifica che cosa si intenda per arma agli effetti della legge penale e cioè: *"...quelle da sparo e tutte le altre la cui destinazione naturale è l'offesa alla persona"* di cui è vietato in modo assoluto il porto, ovvero ne è vietato l'utilizzo senza giustificato motivo.

Ai sensi dell'art. 704 c.p. e dell'art.30 T.U.P.S. devono ritenersi armi quelle proprie, ossia da sparo e tutte le altre la cui destinazione naturale è l'offesa della persona, ma anche le bombe e qualsiasi macchina o involucro contenente materie esplodenti, ovvero gas asfissianti o accecanti.

Come esplicitato dai predetti articoli una prima distinzione a livello legislativo è quindi sancita tra le armi proprie e quelle improprie intendendo, per tale categoria, *"quegli strumenti atti ad offendere che non hanno quale fine principale l'offesa della persona"* ma possono essere utilizzate, per circostanze di tempo e di luogo nonché modalità d'uso, anche a questo scopo.

Successivamente la legge 18 aprile 1975, nr. 110, ha introdotto per le armi da sparo la discriminazione anche sanzionativa tra arma per uso bellico - **arma da guerra e tipo guerra**, art. 1 - ed arma per uso comune e civile - **arma comune da sparo**, art. 2 -.

Sono considerate per questa legge armi da guerra, tutte quelle che: *"per la loro spiccata potenzialità di offesa, sono o possono essere destinate al moderno armamento delle truppe nazionali od estere per l'impiego bellico, nonché le bombe di qualsiasi tipo o parti d'esse gli aggressivi chimici, i congegni bellici micidiali di qualsiasi natura le bottiglie o gli involucri incendiari"*.

Le armi tipo guerra sono, invece, quelle che *"pur non rientrando tra le armi da guerra, possono utilizzare lo stesso munizionamento delle armi da guerra, ovvero sono predisposte al funzionamento automatico per l'esecuzione del tiro a raffica o presentano caratteristiche balistiche o di impiego comuni con le armi da guerra"*.

---

<sup>1</sup> T.U.P.S. = Testo unico delle Leggi di Pubblica Sicurezza

## **Le armi liberalizzate**

Tutte le repliche di armi ad avancarica monocolpo e le armi ad aria compressa od a gas di potenza non superiore a 7,5 Joule sono liberamente acquistabili presso gli armieri, non vanno denunciate e possono essere trasportate senza impedimenti<sup>2</sup>.

Con esse si può sparare in qualsiasi luogo non aperto al pubblico e in poligoni pubblici e privati.

Ai fini della legge penale, tali particolari tipologie di armi, devono essere qualificate alle stregua di strumenti atti ad offendere e, nel caso di quelle ad aria o a gas compressi, è istituito uno specifico Catalogo delle armi di ridotta potenzialità offensiva dove – sulla falsariga di quanto avviene per il Catalogo Nazionale delle armi comuni da sparo – sono inserite pistole e carabine di cui è accertata la limitata potenzialità lesiva.

## **Le munizioni**

Munizioni sono le cartucce a palla o a salve destinate a caricare armi da sparo<sup>3</sup>; esse possono essere predisposte al caricamento di armi lunghe - carabine<sup>4</sup> e fucili, da caccia o meno, - ovvero di armi corte, quali quelle nate per essere usate in pistole.

Sono munizioni a "*palla*" quelle che montano un proiettile unico, a "*carica spezzata*" quelle che contengono nel bossolo più palle di piombo<sup>5</sup>.

La legge vieta i proiettili a punta cava (detti ad espansione)<sup>6</sup>, a nucleo perforante, traccianti, incendiari, a carica esplosiva.

### **Le munizioni a salve**

Quelle nei calibri per arma comune da sparo (ad es. 9x21, 7,65, 45 ACP) sono soggette allo stesso regime delle munizioni con proiettile venendo classificate tali per la tipologia delle materie esplodenti, innesco e polveri da sparo.

---

<sup>2</sup> DM 9-8-2001 n. 362

<sup>3</sup> non quelle per le armi a salve che sono libere

<sup>4</sup>le munizioni 22 long rifle, come dice il nome e la loro storia, sono munizioni per carabina

<sup>5</sup> pallini; la legge ignora la distinzione commerciale fra pallini e pallettoni

<sup>6</sup>Cass., sez. I, 26 maggio 2000, nr.6163

Le munizioni da salve invece prodotte per l'impiego in armi di libera vendita, quali scaccia cani e strumenti da segnalazione acustica - calibro 6, 8, 9 mm - o per attrezzi – pistole sparachiodi ad esempio - sono liberalizzate.

### **La balistica identificativa**

Riguarda l'individuazione dell'arma presumibilmente impiegata, la comparazione dei reperti, l'estrapolazione degli effetti per risalire all'agente balistico usato.

Nel particolare, l'attività di prima indagine che l'esperto balistico compie a carico del materiale balistico – bossoli e/o proiettili – repertati a seguito della commissione di un delitto con l'utilizzo di armi da fuoco, concerne l'esame dei fondelli di ciascun bossolo e dei corpi di forzamento di ciascun proiettile alla ricerca di tracce che possano consentire l'individuazione della marca dell'arma o della popolazione di armi impiegate.

Tali operazioni, compiute con l'impiego di strumentazioni microscopiche dotate di micrometri digitali, consentono di individuare, sul fondello dei bossoli, presenza, morfologia, dimensione e localizzazione spaziale – eseguita assimilando il fondello ad un quadrante di orologio – delle impronte di percussione, estrazione ed espulsione.

Le medesime attività di individuazione, verifica del numero e del verso delle impronte determinate dal passaggio in canna, la loro misurazione, sono parametri utili per l'individuazione della/e arma/i coinvolta/e nel fatto in indagine.

Queste prime operazioni effettuate sul materiale in sequestro consente, quindi, di disporre di una serie di elementi che, confrontati con opportuni *data base* di riferimento, permettono di esprimere un importante giudizio circa il tipo e la marca dell'arma o delle armi impiegate nella circostanza.

I dati d'archivio utilizzati nella sopra indicata operazione sono quelli di cui al *General Rifling Characteristics File* di F.B.I. – una raccolta di informazioni relativa a circa 20.000 differenti armi da fuoco – e al *Gun Store* – sistema informativo della Polizia Scientifica italiana (si veda oltre), risulta evidente quanto sia importante per le indagini in corso, l'informazione fornita dai tecnici balistici che compiono questa prima indagine.

Ciò premesso, accertate le caratteristiche di classe d'arma dall'esame dei reperti ed individuato il numero delle armi utilizzate, allo scopo di appurare l'eventuale collegamento tra

il fatto oggetto d'indagine e precedenti delittuosi pregressi, i bossoli e/o i proiettili in sequestro vengono inseriti nel data base di cui al sistema IBIS (*Integrated Ballistics Identification System*) della Polizia di Stato.

Tutte le indagini sino ad ora descritte – di cui è evidente la ripetibilità ai fini del vigente Codice di Procedura Penale – costituiscono il necessario viatico a quello che è l'accertamento di balistica identificativa per antonomasia.

L'ovvio riferimento non può infatti che essere l'indagine di comparazione e confronto tra i reperti – bossoli e/o proiettili – recuperati dalla scena del crimine e l'arma sospetta che, per assurgere ad oggetto dell'accertamento, deve ovviamente vantare le medesime caratteristiche di classe già desunte dall'esame di prima indagine effettuato a carico del materiale di risulta.

L'accertamento comparativo, croce e delizia di tutti i periti balistici del mondo, si esplicita effettuando il confronto microscopico tra le microtracce tipizzanti le impronte di percussione, estrazione ed espulsione sui fondelli ed i solchi di rigatura sui proiettili.

## **INDAGINI BALISTICHE SUGLI ELEMENTI COSTITUENTI LA CARTUCCIA.**

### **Proiettile.**

Il proiettile è il mezzo attraverso il quale l'energia liberata dalla polvere di lancio viene trasportata sul bersaglio per produrre il lavoro ed ottenere il fine cui sono destinate le armi da fuoco.

Il proiettile viene classificato in base alle seguenti caratteristiche:

- A) **statiche**: il calibro (diametro), il peso, la lunghezza, la forma e la composizione del materiale che lo costituisce;
- B) **dinamiche**: esse dipendendo dal proprio stato di moto, roto-traslatorio, acquisito all'interno della canna dell'arma.

Il materiale che costituisce il proiettile, per i tipi più comunemente impiegati nelle armi portatili a canna corta, è rappresentato da leghe di piombo/antimonio dove quest'ultimo elemento è presente in concentrazioni variabili tra il 2 ed il 10 - 12%, al variare del Costruttore, dell'arma e della funzione cui è destinato. Il proiettile può essere del tipo in

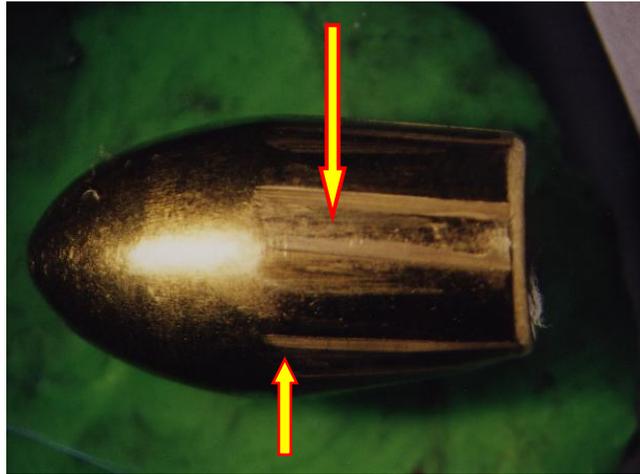
piombo nudo, in piombo rivestito da uno strato di teflon e di leghe metalliche di varia natura essendo il nichel, l'ottone e una lega zinco - nichel i materiali più comunemente impiegati per la mantellatura. La martellatura (incamiciatura) è necessaria per impedire un eccessivo deposito di piombo sulle rigature della canna dell'arma e per ridurre la deformabilità del proiettile al momento dell'impatto sul bersaglio.

I proiettili multipli per le armi a canna lunga sono anche essi costituiti da una lega piombo/antimonio e subiscono trattamenti vari di rivestimento (nichelature etc.)

### **Confronto di proiettili**

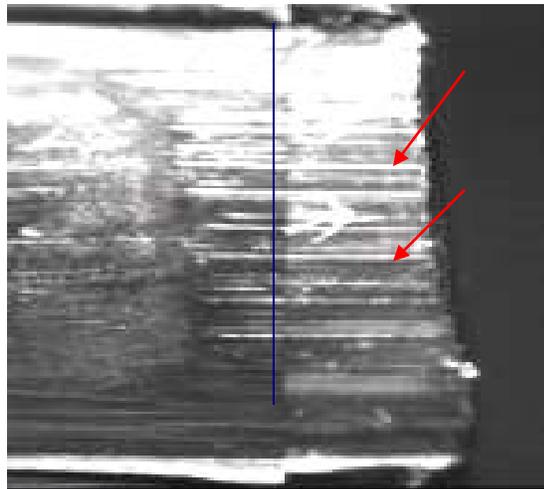
Quando un proiettile è sparato da un revolver, una pistola automatica o un fucile, passando per la canna esso assume un moto rotatorio intorno al proprio asse longitudinale che lo stabilizza nel suo percorso verso il bersaglio. Il moto rotatorio è determinato dalle sporgenze della canna che determinano una sorta di rigatura elicoidale. I segni dell'attrito del proiettile contro la rigatura determina sulla superficie della pallottola delle impronte specifiche di ogni modello di arma. Se la pallottola viene recuperata in buone condizioni, un semplice esame microscopico a basso ingrandimento, rivelerà le "caratteristiche di classe" della canna dell'arma da cui essa è stata sparata: numero e dimensione delle rigature, direzione (destrorsa o sinistrorsa) e angolo (in gradi) della rotazione. Se questa pallottola è confrontata con una sparata per prova da un'arma particolare (per esempio quella sequestrata ad un sospetto) usando un microscopio comparatore, i segni personali "tracce di attrezzi, di usura etc." prodotti sulla superficie della pallottola dalle rigature della canna possono - se si allineano perfettamente - indicare ad un esperto balistico che entrambe le pallottole provengono dalla stessa canna. Se due pallottole sono simili in quanto a caratteristiche di classe, ma le impronte non coincidono perfettamente, il risultato dell'indagine testimonia che da altra arma è stato esploso il proiettile in esame.

Nelle sotto riportate riprese fotografiche, sono mostrate le immagini ottenute al microscopio comparatore di un proiettile recuperato da spari di riferimento e la ripresa di confronti balistici tra due proiettili in esame: la larghezza delle impronte di passaggio in canna corrisponde, testimoniando che identico è il modello dell'arma; anche le "fini striature" trovano continuità testimoniando che la medesima arma ha esploso i proiettili in paragone.



Nella fotografia si osservano le impronte di passaggio in canna.

Un esempio di confronto positivo tra proiettile di reperto e proiettile di confronto è riportato nella seguente tavola



Si osservi il punto di confine tra il proiettile a destra (reperto) e quello di sinistra (riferimento).

## Confronto tra bossoli di cartuccia.

### Bossolo.

Analogo accertamento può essere effettuato sui bossoli delle cartucce. Il bossolo è il contenitore inerte della carica di lancio, generalmente in ottone, esso può assumere svariate conformazioni (cilindrica, conica, a bottiglia, rastremata, etc.), in funzione del tipo di arma cui è destinato.

I meccanismi di sparo dell'arma imprimono sul fondello del bossolo segni caratteristici e personali. Le impronte sono fatte dal percussore, dell'estrattore, dell'espulsore e dal vivo di culatta. Identità produttiva delle impronte testimoniano della identità dell'arma che ha esploso i bossoli in indagine.

Nelle sottostanti riprese microscopiche è ripreso un confronto positivo di due bossoli.



## Confronto tra due bossoli: l'arma che li ha esplosi è la medesima



In molte situazioni investigative, non è raro il caso in cui ci si deve confrontare con un proiettile frammentato in più pezzi o che si presenta gravemente deformato. Il confronto al microscopio comparatore con pallottole provenienti da armi sospette diviene allora impossibile e, spesso, non si possono rivelare nemmeno le "caratteristiche di classe" dell'arma. In tal caso, un'analisi degli elementi chimici dei frammenti di pallottola (o della pallottola deformata) e una simile analisi di pallottole provenienti da cartucce non esplose, associate ad una particolare persona sospetta, può stabilire se le due pallottole provengono o no dalla stessa fabbrica o se appartengono al medesimo lotto di produzione. Interessante è verificare su quali presupposti si basa tale tipo di accertamento.

### ***Nota integrativa. La fabbricazione delle pallottole***

In generale, il piombo per le pallottole delle armi da fuoco può essere suddiviso in due categorie: piombo tenero e piombo indurito con antimonio, in funzione sia dell'uso cui sono destinate le munizioni sia dell'arma che le deve impiegare.

Il piombo tenero può consistere di piombo vergine molto puro, di piombo di recupero moderatamente puro, o di una miscela dei due. Il piombo tenero può contenere da meno di 1

ppm (0.0001%) a circa 1500 ppm (0.15%) di antimonio (Sb) o anche oltre. Il piombo indurito è una lega industriale che contiene da circa lo 0.4% al 4% di antimonio; maggiore è la sua quantità, più dura è la lega. I fabbricanti di pallottole o cartucce solitamente specificano la massima concentrazione di antimonio e quella di altri elementi presenti come impurezze indesiderabili. In genere essi accettano dal fornitore, piombo indurito la cui concentrazione di antimonio vari di  $\pm 10\%$  rispetto alle specifiche. In genere le pallottole di piombo tenero sono manufatte con Pb del titolo di oltre il 99.8 %, mentre quelle di piombo indurito con Pb nell'ordine del 95-99%.

Sia che il fabbricante di pallottole o cartucce acquisti il piombo che gli serve da un fornitore o che se lo prepari da sé, il procedimento in genere è il seguente. Una certa quantità di piombo della composizione desiderata (detta anche un getto, una colata o una fusione) viene preparata fondendo il piombo desiderato (di solito tra 1 e 7 tonnellate), aumentando la temperatura molto al di sopra del punto di fusione del piombo (327°C) si aggiunge la quantità necessaria di antimonio (nel caso del piombo indurito), si lascia il tempo perché esso si fonda e si mescoli bene col piombo fuso, poi si cola il fuso in lingotti (detti anche pani o barre).

Questa descrizione della preparazione della lega è semplificata. Molti produttori, a volte o costantemente, usano variazioni di questa tecnica. In genere tali modifiche hanno per risultato quantità minori di fusioni omogenee. Anche durante l'inscatolamento delle cartucce complete (discusso più oltre) possono finire nella stessa confezione pallottole provenienti da fusioni non omogenee, ma questo caso non è frequente. Se però capita, per esempio per del piombo indurito, allora tutte le pallottole della scatola avranno concentrazioni di antimonio molto vicine (per ottemperare alle specifiche) ma ci potrebbero essere due o anche tre diverse combinazioni misurabili nelle concentrazioni delle impurezze di argento e rame.

Per fabbricare pallottole di forma, grandezza e composizione specifiche, il fabbricante tratta un grande numero di questi lingotti in una macchina che estrude il piombo come una specie di grosso "filo" del diametro desiderato. Questo è automaticamente tagliato in pezzi della lunghezza necessaria per corrispondere al peso desiderato della pallottola e pressato in uno stampo che gli conferisce la forma voluta. Alcuni pezzi verranno successivamente rivestiti con un lamierino di ottone (incamiciatura) per ottenere i proiettili così detti blindati destinati all'uso nella armi di calibro superiore. Ogni pallottola formata è espulsa in un contenitore di

raccolta. Successivamente, ogni pallottola è inserita nel bossolo della cartuccia contenente l'innesco e la polvere da sparo e sigillata a pressione. Le cartucce finite sono inscatolate (di solito in scatole etichettate da 20, 50 o 100 pezzi) e sono pronte per la distribuzione all'ingrosso.

In ambito balistico il peso delle pallottole è espresso in grani. Un grammo è pari a 15.432 grani (o 0.035 once), quindi una pallottola da 10 grammi vale 54 grani (o 0.35 once). Le pallottole sono fabbricate sia interamente in piombo nudo, sia con un semirivestimento, sia completamente rivestite; di varie forme (appuntite, a punta arrotondata, cava, ecc.) e dimensioni (peso e diametro). Le pallottole semirivestite sono incamiciate solamente sulla base (fondello) e sulla parte cilindrica del corpo; una parte della punta è lasciata scoperta. Quelle completamente rivestite sono di vari tipi: alcuni tipi hanno ricoperto tutto il nucleo di piombo con la base scoperta, altri tipi, in particolare per contenere le emissioni di piombo nei poligoni chiusi, sono completamente incamiciate. Recentemente si sono messi a punto nuovi tipi di pallottole con rivestimento di teflon utili nei tiri di addestramento nei poligoni coperti. Una tipica lega di rivestimento in ottone è così composta: 95% Cu / 5% Zn, altra composizione tipica, in funzione del Costruttore, è così individuabile 87% Cu / 13% Zn.

Il principale scopo del rivestimento (incamiciatura) è quello di evitare che le canne dell'arma, con l'uso continuo di piombo tenero, si "impastino", cioè determinino il riempimento degli spazi vuoti tra la rigatura, che è in rilievo, ed il vuoto della canna. Se si usa un rivestimento abbastanza resistente, esso contribuisce anche alla forza meccanica del proiettile al momento dell'impatto, in modo che è possibile per queste pallottole un'anima di piombo tenero (anche se poi, commercialmente, anche queste pallottole corazzate hanno anime di piombo-antimonio). Alcune munizioni militari usano corazzature di acciaio (talvolta nichelato).

I bossoli sono generalmente di ottone con composizione 70% Cu/ 30% Zn, in qualche caso nichelato per diminuire la corrosione.

Per quanto concerne il dettaglio del munizionamento, si rimanda al precedente paragrafo del presente elaborato.

## **Analisi Strumentale di Campioni di Proiettili mediante Attivazione Neutronica.**

A questo punto della esposizione entra in campo la chimica con un tipo particolare di analisi noto come "analisi Strumentale per Attivazione Neutronica". Con tale metodologia è possibile praticare l'analisi di proiettili e/o di frammenti di essi, come già riferito, al fine di consentire l'ottenimento di una sorta di mappa o "impronta digitale" del frammento e del proiettile in esame attraverso i dati relativi alla concentrazione degli elementi presenti a livello di "traccia"<sup>7</sup>. Il dato relativo alla concentrazione di ogni singolo elemento nel campione, viene sottoposto ad elaborazione statistica al fine di accertare, ad esempio, la identità di composizione e la conseguente appartenenza di più frammenti ad un unico proiettile. In altre circostanze è possibile verificare se proiettili sospetti trovino la loro origine in quella determinata confezione reperita in casa di un sospetto etc.

A partire dal 1962 in USA, Guinn e Coll. si sono dedicati ad un'estesa indagine sulle possibili applicazioni dei metodi di analisi per attivazione neutronica nel campo della polizia scientifica. Questi studi hanno portato presto allo sviluppo di un metodo INAA (Instrumental Neutron Activation Analysis) per confrontare reperti costituiti da piombo di pallottole, vernici, carta e altri materiali. Anche campioni molto piccoli di piombo di una pallottola (di solito 10-30 mg) possono essere analizzati velocemente, quantitativamente e in modo non distruttivo per determinare il loro contenuto di Sb, Ag, Cu, As e talvolta Sn.

Anche in Italia, in particolare presso la Sezione Radiochimica del Dipartimento di Chimica Generale della Università di Pavia, a partire dagli primi anni 70, si sono messe a punto metodologie INAA per la rilevazione di residui di polvere da sparo combusta, l'analisi di frammenti di proiettile e di altre matrici di interesse nel settore chimico – forense. Numerosi casi pratici sono stati oggetto di analisi INAA.

Se, ad esempio, con l'irraggiamento neutronico si rivelano notevoli differenze tra la composizione elementare di Sb, Ag e Cu, elementi solitamente presenti nelle leghe di piombo dei proiettili, in due campioni di piombo (per esempio uno proveniente da una pallottola mortale e uno da una cartuccia trovata in possesso di una persona sospetta), è evidente che essi non furono prodotti con la medesima materia prima, quindi non si richiede alcuna analisi

---

<sup>7</sup> Gli elementi in traccia sono presenti a livello di parti per milione (ppm) nella matrice in indagine

ulteriore. Se però i due campioni analizzati sono analiticamente indistinguibili per quanto riguarda il loro contenuto di Sb, Ag e Cu, è necessario procedere oltre nell'accertamento ed effettuare confronti anche delle concentrazioni di altri elementi, quali ad es: l'As il Co etc. in modo da avere ulteriori dati di paragone. In casi critici può valere la pena di approfondire l'indagine nel tentativo di determinare altri elementi quale ad es. lo Sn. Se si ha successo questa misura fornisce allora ulteriori possibilità di confronto incrementando, così, il grado di affidabilità dell'indagine.

Per riferire di esperienze di laboratori esteri, possiamo ricordare che nei laboratori dell'FBI si misurano in modo routinario Sb, Cu e As. Purtroppo molti campioni sono troppo poveri di As. Nel preparare campioni da pallottole per misurazioni INAA se ne esaminano al microscopio alcuni costituiti da frammenti di pallottole e/o da pallottole esplose sulla scena di un crimine e altri tagliati da pallottole di cartucce non esplose collegate ad una persona e si stabilisce se vi sia qualche evidenza che sia attaccato ad essi parte del materiale del rivestimento. Se ve ne fosse, si cerca di toglierlo con un bisturi chirurgico. E' buona pratica procedere al decappaggio di questi campioni immergendoli in acido nitrico concentrato a temperatura ambiente: questo processo dissolve ogni traccia di materiale del rivestimento senza corrodere quantità apprezzabili del piombo. Comunque, anche questo trattamento con acido fallisce se vi sono particelle di materiale della corazzatura completamente inglobati nel piombo ed inaccessibili all'azione dell'acido nitrico. Buona norma è quella di procedere anche ad una pulizia per mezzo di ultrasuoni.

**In un caso pratico** giunto alla osservazione dello scrivente, in cui la vittima fu attinta da proiettili di arma da fuoco, in sede di accertamento autoptico furono reperiti un proiettile ben conservato di piombo nudo in calibro .38" special, oltre a frammenti vari pure di piombo. Era di interesse per lo sviluppo delle indagini, conoscere se anche i frammenti potessero derivare da un proiettile di piombo nudo o, per contro, se trovassero la loro origine in proiettili scamiciati o a proiettili di altro calibro. Per rispondere ai quesiti si praticò la INAA su campioni prelevati dal proiettile indenne, dai frammenti unitamente a campioni standard di riferimento dei proiettili in Pb nudo delle Case Produttrici più diffuse sul mercato.

I risultati delle analisi furono sottoposti ad elaborazione statistica per accertare la significatività delle uguaglianze/differenze rilevate nella concentrazione degli elementi in traccia riscontrati nei campioni analizzati.

Il confronto tra gli standards di riferimento e i risultati relativi ai campioni di reperto evidenziarono la medesima composizione del proiettile indenne e dei frammenti di reperto e che quest'ultimo bene si accostava alla produzione della Casa GECO.

Precedentemente alla applicazione in casi attuali della metodica di cui trattasi, si è condotta una indagine preventiva per accertare la affidabilità della metodica stessa. Si sono analizzati nuclei di piombo ed incamicature di proiettili dei Produttori e dei calibri più diffusi sul mercato civile, i risultati delle analisi sono riportati nel seguente specchio riassuntivo. Gli elementi determinati nei campioni provenienti dal nucleo di piombo sono stati:

Ag Au Cu Sb

Gli elementi determinati nelle incamicature sono stati:

Ag Au Se

Si è inoltre determinata la percentuale di Sb presente in campioni di piombo prelevati da proiettili di cal. .38" special dei più diffusi Produttori:

Produttore	Camp. 1	Sb % camp. 2
G. Fiocchi .....	1,67	1,59
G. Fiocchi .....	1,73	1,58
G. Fiocchi .....	1,52	1,60
Hirtemberg .....	1,51	1,40
Gevelot .....	3,43	2,91
Remington .....	0,87	0,84
Geco .....	2,09	2,41
Frontier .....	2,77	2,28
Winchester .....	0,52	0,61
Lapua .....	2,35	1,94
Norma .....	2,40	1,98
Speer .....	3,02	2,90
Aguila .....	0,60	0,73

In un altro recentissimo caso si è effettuata l'analisi del contenuto di Sb in campioni prelevati da proiettili di diversi Produttori del calibro di .22" long rifle per accertare la provenienza dei

frammenti di Pb di proiettili repertati nel cranio di una vittima di un mortale ferimento: qui di seguito si riportano i risultati:

Rep. A5: .....	Sb%	0,83
Rep. A6: .....	"	0,80
Eley Tenex vecchio modello: .	"	1
Eley St nuova: .....	"	0,88
Eley Match vecchio modello .	"	0,58
Eley Match nuovo modello: ..	"	1,12
Winchester EZXS: .....	"	1,14
RWS Match: .....	"	1,03

I frammenti di proiettile meglio si accostano ai valori percentuali di Sb delle pallottole della Casa Eley st nuovo modello.

Connesso con l'impiego delle armi è l'importantissimo, dal punto di vista della formazione della prova, problema della rilevazione delle tracce di sparo su individui sospetti di avere fatto uso di armi da fuoco per il compimento di un reato.

## Capitolo 3°

### **IDENTIFICAZIONE DELLE TRACCE DI SPARO.**

#### **Considerazioni generali sulla formazione dei residui di sparo.**

Il prelievo e la rilevazione dei residui derivanti dall'uso di arma da fuoco (denominati Gun Shot Residues -GSR- dagli Autori di lingua inglese) sulle mani di persone sospettate di essere implicate in casi criminali di sparo, svolgono un ruolo molto importante ai fini dell'indagine giudiziaria.

Scopo dell'indagine é quella di disporre di prove affidabili di avvenuto uso di arma da fuoco, tali essere presentate nelle Aule di Giustizia.

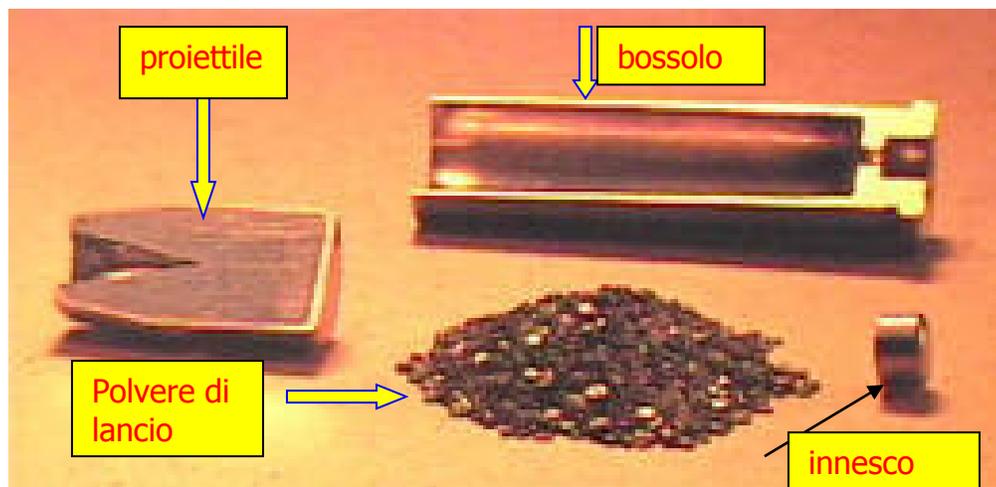
Prima di considerare le modalità di prelievo e di rivelazione dei residui di sparo, é bene prendere in esame i diversi componenti di interesse dell'arma da fuoco che contribuiscono alla loro formazione.

Il principale componente é rappresentato dal munizionamento, con tale termine si intende l'insieme di manufatti da introdursi in un'arma da fuoco affinché quest'ultima possa estrarre la propria funzionalità e potenza balistica.

Elementi costituenti il munizionamento di un'arma, la così detta cartuccia, sono:

- A) **il bossolo;**
- B) **l'innesco;**
- C) **il propellente;**
- D) **il proiettile.**

Nella sottostante figura é riportato lo spaccato dei principali componenti della cartuccia dove sono individuati il bossolo, la polvere propellente e, inserita nel fondello del bossolo, la capsula contenente la miscela di innesco dove si scarica l'energia meccanica del percussore.



Qui di seguito si prendono in esame le principali caratteristiche dei componenti della cartuccia, al fine di comprendere come si manifesta lo sparo e la conseguente formazione dei residui di quest'ultimo.

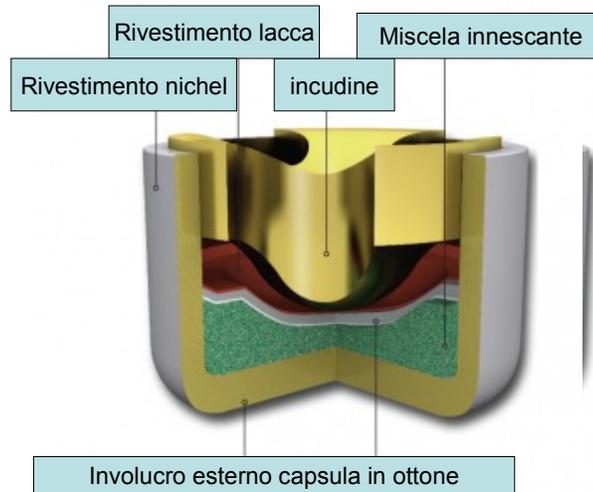
### **Innesco.**

L'innesco, o apparato di accensione, localizzato sul fondello del bossolo, é quel dispositivo meccanico - chimico destinato ad iniziare il processo propulsivo attraverso l'infiammazione, prima, la combustione poi, della carica di lancio.

La trasformazione della energia meccanica (quella esercitata dal percussore) nella vampa di fiamma necessaria alla iniziazione del fenomeno deflagrativo della carica di lancio, é ottenuta con la deposizione sulla base della capsula di innesco di opportune miscele di composti chimici sensibili all'urto. Generalmente le più comuni formule di innesco comprendono, come componenti determinanti per fenomeno deflagrativo, **l'azotidrato di piombo, il solfuro di antimonio ed il nitrato di bario**. Dopo la deposizione della miscela di innesco, la capsula viene completata dall'inserimento di un lacca sigillante e dalla inserzione del così detto incudine che svolge azione di contrasto a quella del percussore.

La seguente figura mostra lo spaccato del fondello del bossolo in cui sono evidenziati i componenti principali della capsula di innesco.

# Spaccato di una capsula di innesco



## **Propellente.**

E' il composto chimico che bruciando sviluppa calore e gas che, idoneamente vincolati, lanciano verso il bersaglio il proiettile sospingendolo attraverso la canna dell'arma.

Le polveri di lancio attualmente impiegate nel caricamento delle cartucce destinate all'impiego nelle armi da fuoco portatili, siano esse a canna corta (pistole a rotazione, semiautomatiche ed automatiche) o a canna lunga (fucili nelle diverse destinazioni di uso), sono del tipo "senza fumo". Tali miscele, infatti, non determinano lo sviluppo di residui solidi particellari "fumosi", come avveniva per le polveri "nere" del passato a base di carbone, zolfo e nitrato di potassio. Le polveri senza fumo trovano nella nitrocellulosa gelatinizzata il loro componente base, a questa vengono addizionati vari altri composti chimici quali il nitrogliceroglicole ed altri esplosivi organici, in funzione delle caratteristiche che si vogliono impartire alle polveri di lancio.

Si distinguono, principalmente, la polvere regressiva (o polvere viva) che provoca un iniziale rapido incremento pressorio con una successiva ugualmente rapida diminuzione, dalla polvere

progressiva (o polvere lenta) che manifesta una lenta combustione iniziale che diviene successivamente sempre più rapida, con conseguente progressivo aumento della pressione in canna.

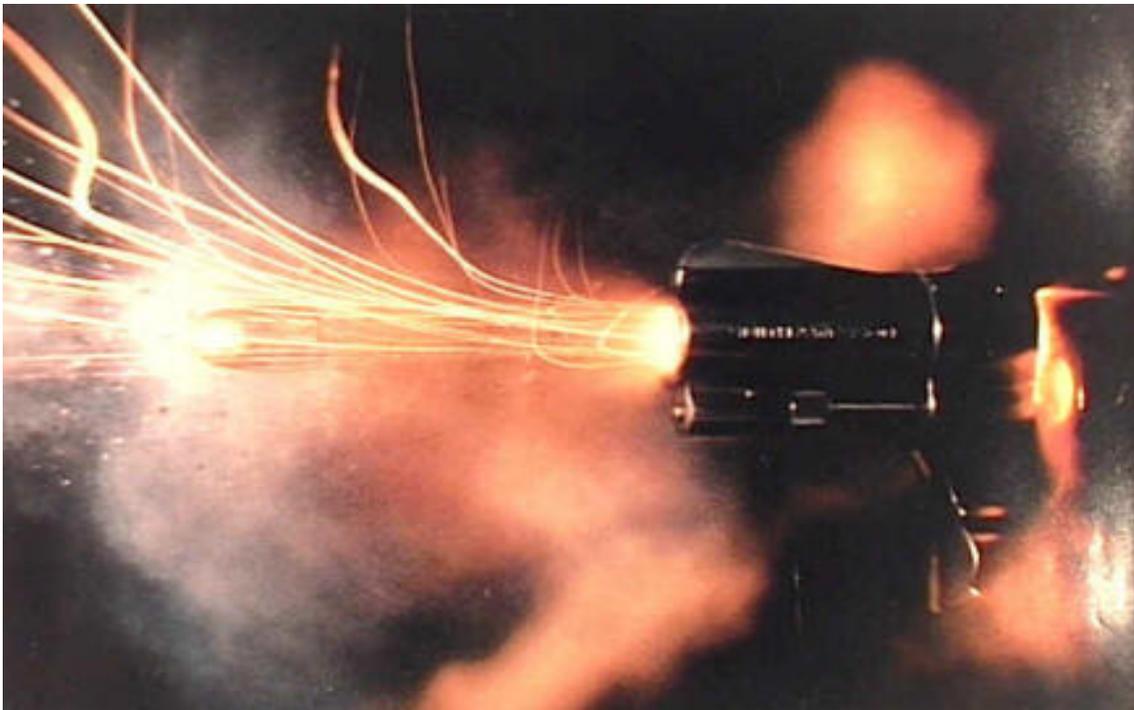
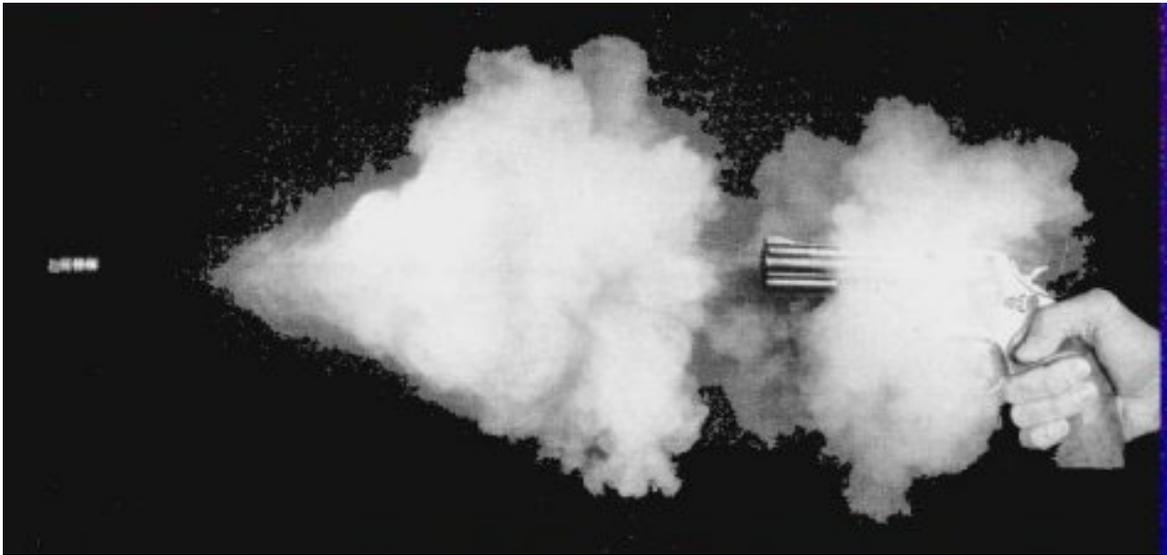
A titolo di esempio si riporta che i valori pressori che una polvere di lancio deve sviluppare all'interno della canna dell'arma a canna corta (revolvers e semiautomatiche), così come fissato dalla normativa internazionale C.I.P., sono compresi tra 700 e 3200 bar. Nella pratica si utilizzano valori mediamente inferiori del 10 - 20%.

Le temperature sviluppate dalla deflagrazione della carica di lancio raggiungono valori molto elevati nell'ordine di 1800 - 2000°C. Tali temperature, unitamente allo sviluppo di gas, determinano quegli elevati valori pressori di cui si è riferito e che sono sfruttati per la propulsione del proiettile.

### **Formazione e natura dei residui dello sparo. Loro rivelazione.**

Tutti i componenti della cartuccia sopra menzionati contribuiscono a vario titolo alla formazione dei residui dello sparo che fuoriescono dall'arma al momento del suo impiego. Infatti, a causa delle elevate pressioni che si sviluppano all'interno della canna, i prodotti di combustione dei propellenti, insieme a sostanze derivanti dall'innesco ed a minuti frammenti della pallottola erosi dall'attrito con la canna, fuoriescono in grande quantità dalla bocca dell'arma e, in minor misura, dai meccanismi di funzionamento dell'arma stessa. Di particolare interesse sono quelli che fuoriescono dalla culatta dell'arma, dai punti di discontinuazione tra serbatoio rotante e canna dei revolvers, dalle finestre di espulsione dei bossoli delle armi semiautomatiche, poiché proprio questi si depositano sulla mano dello sparatore.

Nelle sottostanti riprese fotografiche, si osserva il momento in cui il proiettile è da poco uscito dalla canna con la nuvola di residui di sparo che lo accompagnano. Si noti la "nuvola" formatasi in prossimità della mano dello sparatore.



Come si può notare dalla morfologia delle nubi di gas che fuoriescono dall'arma, la lunghezza della canna dell'arma svolge un ruolo fondamentale nella proiezione dei residui.

Sulla base di queste considerazioni, verificate in sede sperimentale in particolare quando era in uso la polvere nera che con i suoi residui imbrattava le mani dello sparatore, si misero a punto sistemi di indagine per la rivelazione dei residui di sparo sulle mani di individui sospetti di avere fatto uso di arma da fuoco.

Per una breve cronistoria si può rammentare che i primi tentativi di riconoscimento risalgono al 1890, ad opera di Paltauf che dimostrò la presenza sia di carbossemoglobina sia di acido nitroso nel sangue e nei tessuti in vicinanza di ferite da arma da fuoco, rilievi che furono poi confermati da Meyer nel 1908.

In seguito a ricerche sui prodotti di combustione delle polveri da sparo, Wellenstein e Kobert nel 1911 misero a punto un metodo di rilevazione dei nitrati sulle mani dei sospetti sparatori, utilizzando il reattivo di Lunge alla difenilammina.

Si deve a Benitez nel 1922 l'introduzione della tecnica del cosiddetto "guanto di paraffina". Questo Ricercatore propose di impiegare la paraffina applicata allo stato liquido sulla mano del sospetto quale mezzo di campionamento dei residui di sparo, successivamente individuati per mezzo di reattivi chimici colorimetrici sensibili agli ioni nitrito e nitrate.

Negli anni che seguirono si impiegarono nuovi reattivi per la ricerca di residui nitrosi e nitrici sul "guanto di paraffina", sino a che, accertata la presenza di tali composti anche sulle mani di individui non sparatori, la ricerca di nitriti e nitrati non fu più ritenuta un metodo affidabile. L'impiego dei reattivi suddetti, infatti, risultava essere ben poco specifico allo scopo, dando risultati positivi per numerosissime sostanze (fertilizzanti, saponi, residui di tabacco combusto, etc.) che si trovano ordinariamente sulla cute delle mani degli individui che svolgono la loro attività nelle odierne Società ad elevato sviluppo industriale. Pertanto la presenza di nitriti e/o nitrati sulle mani sospette, non poteva più essere considerata indicatrice di residui di polvere da sparo combusta.

Un decisivo passo avanti è stato compiuto grazie alla ricerca di altri residui prodotti dallo sparo: dall'analisi dei prodotti di deflagrazione derivanti da un elevatissimo numero di munizioni, si sono riconosciuti negli elementi chimici antimonio (Sb), bario (Ba) e piombo (Pb), sotto varie forme chimiche, **i componenti inorganici** più frequentemente rilasciati a seguito dello sparo essendo questi, come già riportato, parte essenziale degli inneschi delle cartucce.

Su tale base nei primi anni 60 vennero proposti metodi di ricerca dei componenti inorganici presenti nei residui delle polveri da sparo.

Successive indagini individuarono prodotti di **natura organica** originatisi dalla demolizione dei componenti della munizione, utili per accertare l'impiego di armi da fuoco.

Qualunque sia la natura chimico - fisica dei residui dello sparo che si vogliono individuare, momento determinante dell'indagine é quello della effettuazione del prelievo dalle mani della persona sospetta.

### **Effettuazione del prelievo.**

Tenuto conto che le armi da fuoco vengono impugnate ed impiegate con l'ausilio degli arti superiori, sono queste le parti del corpo della persona sospetta che vengono sottoposte alla ricerca dei residui di polvere da sparo combusta. L'indagine, molte volte, viene estesa anche agli abiti indossati dal sospetto.

L'effettuazione del prelievo dal sospetto dei residui dello sparo é un momento di importanza fondamentale ai fini delle successive analisi di rilevazione dei residui stessi. Un prelievo eseguito non correttamente può portare alla mancata repertazione dei residui presenti, così come può determinare contaminazioni indesiderate, nei quali casi si potrà verificare la formulazione di giudizi, rispettivamente, falsamente negativi o falsamente positivi.

Il prelievo deve, pertanto, essere effettuato con la maggiore cura possibile da Personale qualificato che sia in grado di portare a termine l'operazione con professionalità ed accuratezza.

Particolare importanza riveste, nella effettuazione del prelievo dei residui, la sede anatomica della mano da sottoporre al campionamento.

Le sedi di deposito dipendono dalle modalità di funzionamento delle armi: prove sperimentali hanno rivelato che le armi semiautomatiche emettono i residui di sparo in maggior misura in corrispondenza della finestra di espulsione del bossolo, mentre le pistole a rotazione (revolvers) li espellono in corrispondenza della discontinuazione tra canna e serbatoio rotante. Considerate le modalità con le quali si impugnano le armi e come dimostrato da numerose prove sperimentali, le sedi elettive di deposito dei residui dello sparo derivanti dall'impiego di

armi portatili a canna corta, sono rappresentate dallo spazio interdigitale dorsale tra le dita pollice ed indice e da queste due ultime dita. Scarsamente interessato da depositi risulta il palmo della mano sparatrice che, pertanto, può essere trascurato nella effettuazione del prelievo, salvo casi particolari che l'Investigatore valuta di volta in volta.

Per quanto concerne gli abiti, la ricerca dovrà essere focalizzata sulla parte terminale delle maniche ed in quelle altre sedi che, in funzione delle particolari modalità di impiego dell'arma e del tipo di arma (canna corta – canna lunga), si trovano in prossimità della fonte dei residui di sparo.

Attenzione deve essere posta quando l'arma coinvolta nel reato é rappresentata da un fucile. Oltre alle sedi già citate, il prelievo dovrà essere esteso ad altre zone della mano e degli indumenti tenendo in debito conto le caratteristiche di funzionamento dell'arma. Se ad esempio si sospetta l'impiego di una doppietta a canne basculanti o di un fucile "a pompa", il campionamento verrà esteso anche al palmo delle mani sospette in quanto i depositi avranno interessato anche tale sede anatomica.

Effettuare il campionamento almeno nelle tre sedi anatomiche citate consente di meglio valutare i risultati delle successive analisi, infatti, sulla base del dato quantitativo concernente l'entità dei residui presenti in ciascuna delle sedi campionate, é molte volte possibile distinguere tra l'impiego di arma semiautomatica, quando la quantità dei residui é più elevata nel 1° spazio interdigitale, dall'uso di revolver che, per contro, deposita maggiormente in corrispondenza delle dita pollice ed indice.

Non è da disattendere l'eventualità di effettuare un prelievo del muco nasale quando siano trascorse più di tre/quattro ore dal supposto momento di effettuazione dello sparo poiché, dopo detto intervallo temporale, iGSR presenti sulla mano sono completamente alienati.

In Italia la metodologia di prelievo attualmente più praticata é quella utilizzata dalle Sezioni di Polizia Scientifica della Polizia di Stato e dei Carabinieri. Il metodo utilizza la applicazione sulla cute di materiale adesivo montato su di un apposito supporto<sup>8</sup> (il così detto stub); il materiale prelevato viene successivamente sottoposto alla ricerca dei residui. Questa metodica di prelievo é stata messa a punto in funzione della metodologia di rivelazione dei residui che fa ricorso alla microscopia elettronica a scansione corredata di microsonda analitica. Limite di

---

<sup>8</sup> Il supporto è rappresentato dal porta-oggetti (solitamente un dischetto o un quadrato di alluminio) che viene inserito direttamente nella camera del microscopio elettronico.

tale metodologia di prelievo –a giudizio di chi scrive- é quello di perdere progressivamente la capacità di ritenzione da parte del collante che si satura dei materiali presenti sulla cute della mano (formazioni pilifere, sporcizia, sangue etc.). Inoltre l'aver predisposto da parte delle Direzioni di Polizia Scientifica, l'effettuazione di un solo prelievo per ciascuna mano, sottrae un importante dato di giudizio, cioè quello relativo alla sede di rinvenimento dei residui di sparo.

Lo sperimentato sistema di prelievo che utilizza l'applicazione di paraffina liquida sulla cute, del resto –a giudizio dello scrivente- non é metodica superata e da abbandonare. Prove sperimentali hanno accertato la sua notevole efficacia di captazione e di incameramento dei residui: la temperatura di fusione (45°C circa) della paraffina determina la dilatazione dei pori, con conseguente possibilità di campionamento dei residui più tenacemente penetrati nella cute. Inoltre la successiva solidificazione ingloba il residuo e lo mantiene inalterato sino al momento delle analisi.

Molto agevole é l'effettuazione del campionamento nelle sedi elettive facendo gocciolare la paraffina liquida da una candela accesa direttamente sulla cute, dopo raffreddamento le singole placche di paraffina vengono facilmente distaccate dalla cute ed introdotte in provette all'uopo predisposte per le successive analisi. Con altrettanta facilità si raccoglie il campione "bianco" di controllo sia dall'operatore, sia per il controllo della paraffina stessa, sgocciolando direttamente dalla candela nella provetta.

In conclusione si può ritenere che di tutte le metodiche proposte quelle che fanno ricorso all'impiego della paraffina liquida, in special modo facendola gocciolare da una candela accesa, unitamente ai tamponi adesivi, purché si provveda all'impiego di tamponi separati per le diverse sedi elettive di deposito presentano le migliori capacità operative.

Si tenga in debito conto che il prelievo effettuato con la paraffina presenta delle difficoltà se si vuole impiegare per la rivelazione dei residui di sparo la microscopia elettronica. La paraffina, infatti, non può essere analizzata tal quale nel microscopio, si deve provvedere alla sua solubilizzazione e successiva filtrazione per la raccolta del materiale in essa inglobato.

I materiali necessari per i prelievi possono essere forniti, unitamente a guanti plastici del tipo usa - getta da calzare da parte dell'operatore, in pratiche confezioni di pronto impiego.

Nel caso si utilizzi il prelievo con la paraffina saranno presenti: A) la candela di paraffina (quelle ordinariamente reperite dal commercio esplicano egregiamente la loro funzione), B) la

spatolina per il distacco dalla cute della paraffina, C) le provette di conservazione dei campionamenti preventivamente etichettate, D) i guanti usa e getta per l'operatore.

Per il sistema di prelievo con materiale adesivo verranno forniti: A) i tamponi adesivi appositamente supportati e protetti (gli stubs), B) il contenitore per la conservazione dei tamponi etichettati.

All'interno delle confezioni dovranno essere inseriti appositi questionari concernenti notizie sull'evento oggetto di indagine quali, ad esempio, tipo e calibro dell'arma impiegata, il numero delle cartucce esplose ed il loro Costruttore, tempo intercorso dal momento del sospetto uso dell'arma a quello della effettuazione del prelievo, eventuale lavaggio delle mani operato dal sospetto, nominativo del Funzionario di Polizia incaricato del campionamento per eventuali ulteriori informazioni, oltre ad ogni altra notizia ritenuta utile ai fini dell'indagine.

Per quanto concerne gli abiti i sistemi migliori di campionamento possono essere individuati nella effettuazione di appropriate aspirazioni nelle sedi prescelte, con raccolta del materiale aspirato su opportuna membrana filtrante. Il materiale aspirato sarà sottoposto alle successive analisi di individuazione dei residui.

Anche l'applicazione di tamponi adesivi sulla parte di indumento di interesse é tecnica praticata; fattore limitante appare, tuttavia, la rapida perdita di efficienza del materiale adesivo a causa della saturazione determinata dalla captazione di fibre tessili che costituiscono il tessuto dell'indumento. E' da rammentare la necessità di effettuare campioni di controllo ("bianco di riferimento") in zone dell'indumento lontane da quelle interessate dal deposito dei residui dello sparo.

E' buona norma effettuare almeno due campionamenti in corrispondenza della parte terminale di ciascuna manica, uno relativo alla parte superiore, l'altro a quella inferiore, per una estensione di almeno 7/8 centimetri.

I metodi di prelievo sopra citati, bene si prestano alla repertazione ed alla successiva analisi dei residui di sparo inorganici.

Per i residui di sparo organici sono più indicati i campionamenti con l'uso di tamponi di cotone umettati con opportuni solventi (ad es. acetone), tuttavia, considerato che la ricerca di tali residui non é quasi mai praticata, riguardo a tali metodologie di prelievo si rimanda alla letteratura specifica.

**In conclusione** é necessario portare alla attenzione di coloro i quali devono effettuare l'operazione di prelievo dalle mani di individui sospetti, due fattori determinanti al fine della repertazione dei residui di sparo.

In primo luogo é utile osservare che il lavaggio delle mani con acqua e sapone, come emerso da prove sperimentali, allontana ogni traccia di sparo dalle mani sparatrici.

Secondariamente che la presenza e la permanenza dei residui sulle mani é condizionata dal trascorrere del tempo, infatti, nel corso delle normali attività della vita lavorativa e di relazione, con l'uso degli arti superiori che vengono a contatto con i più disparati oggetti, i residui accumulati a seguito dello sparo, vanno diminuendo progressivamente sino a scomparire del tutto. Difficile é stabilire un tempo limite dopo lo sparo al di là del quale i residui si sono completamente dispersi, esso dipende dal tipo delle attività svolte e dal ruolo in esse svolto dalle mani. Prove sperimentali hanno, comunque, individuato in circa tre/quattro ore dopo lo sparo, il tempo massimo di permanenza dei residui sulla cute.

Quando il prelievo viene effettuato su individuo deceduto, tale problema in genere non sussiste in quanto, nei normali tempi di intervento della Autorità Competente, i residui di sparo non interreagiscono con i fluidi organici cadaverici e non subiscono altre forme di alienazione.

Come precedentemente detto, recentemente é stata accertata la possibilità di individuazione dei residui dello sparo nel muco nasale dove le particelle derivanti dalla deflagrazione della cartuccia vengono trattenute a seguito della respirazione, per tempi superiori a quelli di permanenza sulla cute delle mani. Può, pertanto, essere buona norma far "soffiare il naso" all'individuo sospetto raccogliendo il muco su di un fazzolettino di carta sul quale si procederà, successivamente, alla ricerca dei residui con le usuali tecniche analitiche si cui si riferisce al successivo paragrafo.

### **Metodologie chimico - fisiche di analisi dei residui di sparo.**

Per la ricerca e l'identificazione dei residui di sparo sul materiale utilizzato per l'effettuazione del prelievo, negli ultimi trent'anni sono state proposte diverse metodiche, delle quali qui di seguito si riportano le più significative.

Sostanzialmente le tecniche elaborate possono essere suddivise in due grandi categorie:

A) **metodiche distruttive**, quelle cioè che richiedono la dissoluzione del materiale utilizzato per il campionamento dalla diverse matrici di interesse forense.

B) **metodiche non distruttive** che operano sul materiale di prelievo senza richiedere alcuna dissoluzione.

La suddivisione delle metodologie nelle due sopracitate categorie riveste particolare importanza ai fini processuali in quanto, nella fase delle indagini di P.G., é molto importante conoscere se un sospetto abbia o non abbia fatto uso di arma da fuoco. Tale accertamento passa necessariamente attraverso l'effettuazione di indagini chimico - fisiche che devono poter essere eventualmente ripetute su richiesta degli Organi di Giudizio, se del caso, nella fase dibattimentale del processo.

Tralascieremo di addentrarci nello specifico delle metodologie chimiche, ci limiteremo ad elencarle:

- 1) metodologie di rivelazione dei residui incombusti organici;
- 2) metodologie per la rivelazione dei residui di natura inorganica.

### **Tecniche per la rivelazione dei residui di sparo organici.**

I residui di polvere da sparo combusta di natura organica sono quelli che trovano la loro origine principalmente nei costituenti della polvere di lancio.

I metodi per la loro rivelazione fanno ricorso, essenzialmente, a tecniche cromatografiche.

In letteratura si trovano numerosi riferimenti su tale argomento a partire dai primi anni settanta ad opera di numerosi Autori; tra le tecniche proposte più significative nell'ambito della rilevazione dei residui di polvere da sparo combusta sono la **Cromatografia in fase liquida e la Gascromatografia**.

### **Tecniche per la rivelazione dei residui di sparo di natura inorganica.**

Tali metodiche comprendono, essenzialmente, metodi elettrochimici, spettroscopici, l'analisi per attivazione neutronica e la microscopia elettronica a scansione corredata di microsonda analitica.

Le tecniche proposte sono le seguenti:

**Voltammetria di strippaggio anodico.**

**Spettrofotometria di assorbimento atomico.**

**Fluorescenza dei raggi x.**

**Analisi per attivazione neutronica (AAN)**

Tra tutte le tecniche elencate, l'analisi per attivazione neutronica (AAN) é metodica di indagine particolarmente versatile nel campo della chimica forense poiché consente la effettuazione di accertamenti non distruttivi. Infatti il campione, fatto trascorrere il tempo opportuno per il decadimento della radioattività indotta, solitamente contenuto in circa 90 - 120 giorni, é nuovamente utilizzabile non solo per l'eventuale rifacimento dell'analisi, ma anche per l'effettuazione di accertamenti di altra natura.

L'AAN si basa sul principio che ogni elemento può essere divenire radioattivo per cattura neutronica il nucleo radioattivo decade emettendo radiazioni gamma, le cui energie, caratteristiche per ciascun elemento, permettono l'identificazione degli elementi in esame.

Oltre al riconoscimento del nuclide, l'AAN consente anche la sua analisi quantitativa.

Nel campo delle indagini forensi la AAN trova numerose applicazioni non solo nella rilevazione dei residui di sparo, argomento che verrà diffusamente trattato, considerato che mediante una sola operazione analitica é possibile determinare quantitativamente un elevato numero di elementi nella matrice in esame.

Tale possibilità consente, attraverso la determinazione dei così detti "elementi in traccia", l'ottenimento di una specie di "impronta digitale chimica" dei campioni sottoposti ad indagine. Con questa procedura é possibile, ad esempio, determinare identità di origine di numerose matrici di interesse forense quali frammenti di proiettili e incamiciature, campioni di terriccio, di vernici, di materie plastiche etc. anche disponendo di ridotte quantità di materiale. A titolo di esempio si rammenta che nel caso di indagini su fanghi e frammenti di proiettili, sono sufficienti circa 50 - 100 mg di materiale per addivenire a risultati di buona attendibilità.

Nel campo della ricerca dei residui dello sparo le prime ricerche risalgono all'inizio degli anni sessanta del secolo scorso; successivamente nel corso degli anni Settanta sono state elaborate diverse proposte di indagine con tale tecnica da numerosi autori.

Anche in Italia si sperimentò e si applicò nella pratica forense tale metodologia di indagine principalmente ad opera di Ricercatori della Sezione di Radiochimica del Dipartimento di Chimica Generale della Università degli Studi di Pavia.

In sostanza la metodologia impiegata fa ricorso alla determinazione quantitativa di antimonio e bario, elementi che trovano la loro origine - come già riportato- nella miscela di innesco e, dunque, rappresentano i "costituenti caratteristici" dei residui dello sparo.

E' ben vero che anche il piombo è annoverabile tra i costituenti caratteristici dei residui, tuttavia questo elemento è risultato essere presente sulla cute delle mani degli individui non sparatori quale contaminante aspecifico, alle volte in quantità superiori a quelle accumulate a seguito dello sparo.

Nella pratica l'analisi viene effettuata secondo le seguenti modalità operative: la matrice utilizzata per il prelievo dalla cute dei GSR della mano sospetta viene sottoposta da irraggiamento al flusso di  $1 \times 10^{12}$  neutroni  $\text{cm}^{-2} \text{sec}^{-1}$  per il tempo di 120 minuti. Il tempo di irraggiamento varia in funzione del flusso neutronico, per flussi più elevati i tempi di irraggiamento diminuiscono e viceversa. Unitamente alla matrice di prelievo si irraggia uno standard di riferimento a contenuto noto di Sb e di Ba.

Con le modalità operative sopra riportate è possibile determinare sino a 0,005  $\mu\text{g}$  di Sb e 0,01  $\mu\text{g}$  di Ba, limiti che coprono abbondantemente la quantità di Sb e Ba contenute nei residui di sparo depositati sulla mano sparatrice.

E' opportuno segnalare che per effettuare questo particolare tipo di indagine, non è necessario disporre di un reattore nucleare, attualmente sono disponibili generatori di neutroni che consentono di agevolmente fare l'irraggiamento neutronico.

### **Microscopia elettronica a scansione con microsonda analitica a fluorescenza di raggi X.**

La microscopia elettronica a scansione (MES) corredata della sonda analitica a fluorescenza dei raggi X (FX) è una tecnica di indagine molto versatile che trova varia applicazione nelle Scienze Forensi e nelle indagini di Polizia Scientifica. La possibilità offerta dalla MES di raggiungere elevati ingrandimenti e risoluzione della immagine non ottenibile con i comuni microscopi ottici, unita alla possibilità di effettuare analisi multielementari per

mezzo della microsonda analitica, consente l'effettuazione di indagini particolarmente utili e probatorie nel dibattimento processuale.

Indagini sull'utilizzo di tale strumentazione nell'ambito forense sono stati elaborati dai numerosi Autori nell'analisi di documenti, di minutissimi frammenti di vetro, di tracce di vernice, di fibre tessili, di inclusioni estranee nei più disparati materiali, tutti esempi della versatilità di questa tecnica.

Nel settore dei residui dello sparo nell'anno 1971 comparve il resoconto di una indagine di caratterizzazione morfologico - compositiva delle particelle costituenti i residui dello sparo.

Numerosi furono i Ricercatori che si occuparono del problema e le loro indagini misero in evidenza aspetti molto importanti sulla natura dei residui sia dal punto di vista morfologico - dimensionale che dal punto di vista compositivo.

Le ricerche rivelarono, infatti, che le particelle che costituiscono i GSR hanno conformazione sferiforme con dimensioni comprese tra le unità e le decine di  $\mu\text{m}$ , mentre la loro natura chimica è costituita da tre elementi tipici: l'antimonio, il bario ed il piombo. Elementi, questi ultimi, che trovano la loro origine, come già riportato, nell'innesco della cartuccia.

Altre indagini accertarono la esclusiva origine delle particelle trimetalliche costituite da Pb+Sb+Ba nei residui derivanti dalla deflagrazione delle cartucce per armi da fuoco portatili. Non furono, infatti, individuate altre fonti di produzione di siffatte particelle, pertanto la loro individuazione sulle mani sospette consente di attribuirne l'origine nell'impiego di arma da fuoco.

L'indagine viene effettuata, dopo avere reso elettricamente conduttore lo strato adesivo depositato sul porta-campione (il così detto stub) con una metallizzazione sotto vuoto con oro o carbonio, procedendo alla osservazione, ad opportuno ingrandimento, del materiale prelevato. La ricerca viene indirizzata alla rilevazione di quelle particelle sferoidali dimensionalmente compatibili con quelle costituenti i residui dello sparo. Dopo l'individuazione della particella "sospetta" se ne effettua la analisi multielementare con la microsonda analitica e se la particella sospetta risulta costituita da Pb, Sb e Ba si può ritenere la stessa un residuo di polvere da sparo combusta.

I moderni microscopi elettronici sono gestiti da sistemi computerizzati che, consentendo la scansione automatica del campione, riducono notevolmente l'impegno del personale. Il

sistema permette, inoltre, per ulteriori controlli, di rintracciare agevolmente le particelle trovate dal sistema operativo, per effettuarne il controllo da parte dell'operatore.

Lo strumento di indagine, tuttavia, anche se gestito automaticamente dall'elaboratore, necessita di lunghi tempi operativi, fattore che ne limita grandemente l'impiego in quanto é possibile processare un solo stub alla volta.

In ogni caso la particella che il sistema automatico "suggerisce" come possibile residuo di sparo deve in un secondo tempo essere studiata e valutata "manualmente" dall'operatore.

La MES-FRX rappresenta un metodo di indagine altamente selettivo per la rivelazione dei residui di sparo in quanto questi ultimi vengono caratterizzati in funzione della loro morfologia, delle loro dimensioni e della loro composizione chimica trimetallica di Pb+Sb+Ba.

Qui di seguito è mostrata una particella di residui di polvere da sparo così come appare alla osservazione al microscopio elettronico:

i



Tipica particella di residuo dello sparo.

Aspetto limitante della MES-FRX, a giudizio dello scrivente, é rappresentato dalla impossibilità di procedere a valutazioni quantitative dei tre elementi chimici caratterizzanti il residuo.

Quest'ultimo dato analitico é, infatti, di fondamentale importanza nella valutazione dei risultati dell'indagine in quanto consente di distinguere una presenza dovuta a contaminazione ambientale, a problematiche occupazionali, dalla indicazione di avvenuto uso di arma da fuoco.

L'unica possibilità offerta dalla strumentazione é quella di procedere al conteggio numerico delle particelle caratteristiche rilevate su tutta la superficie dello stub, operazione che richiede un elevato dispendio di tempo-macchina, con conseguente limitazione del numero di campioni trattabili.

### **Scelta del metodo di analisi ed aspetti valutativi dei risultati delle analisi.**

Per quanto concerne la scelta del metodo di analisi per la rivelazione dei residui di sparo, le metodologie da prendere in considerazione, tenuto conto delle rispettive caratteristiche operative, sono l'analisi per attivazione neutronica e la microscopia elettronica a scansione corredata di microsonda analitica di fluorescenza dei raggi X, entrambe metodiche che assicurano la ripetibilità dell'analisi.

Come già riportato, l'analisi per attivazione neutronica presenta l'indubbio vantaggio di consentire la valutazione quantitativa degli elementi caratterizzanti il residuo dello sparo.

Questo dato é di estrema importanza ai fini della successiva valutazione dei risultati delle analisi. Il confronto delle quantità di Sb e Ba (gli elementi tipizzanti i residui di sparo), riscontrati nelle sedi elettive sulla mano destra e su quella sinistra del sospetto, consente di differenziarne la presenza occupazionale dovuta alla attività lavorativa o accidentale dovuta a contaminazione ambientale, dall'effettivo impiego di arma da fuoco. Inoltre la sede di rilevamento dei residui, unitamente alle quantità rilevate, consente molte volte di distinguere tra l'impiego di arma semiautomatica da arma a rotazione (revolver). Ed ancora: é possibile, in alcuni casi particolari, differenziare tra l'impiego effettivo dell'arma ed il solo maneggio.

Nella tabella di pagina seguente sono riportate le quantità di Pb, Ba ed Sb rilevate in spari sperimentali praticate con armi semiautomatiche di calibri diversi tra le più diffuse sul mercato civile, il campionamento dei residui è stato effettuato immediatamente dopo lo sparo, in corrispondenza del primo spazio interdigitale dorsale (tra pollice ed indice) della mano sparatrice mediante paraffina.

Un altro indubbio vantaggio della AAN é rappresentato dai tempi di esecuzione decisamente contenuti. Sono sufficienti irraggiamenti neutronici non superiori ai 120 minuti (l'irraggiamento neutronico é collettivo é può interessare diverse decine di campioni), tempi di decadimento di 60/120 minuti e 10 minuti circa per l'esecuzione della spettrometria gamma per ciascun campione. In definitiva nell'arco di una giornata lavorativa di 8 ore, in un laboratorio attrezzato con due catene di conteggio gamma, si analizzano campioni relativi a circa 10 individui sospetti, avendo loro campionato le tre sedi elettive di deposito per ciascuna mano.

Tabella delle quantità di residui di sparo espresse in micro grammi (1 µg = 10<sup>-6</sup> grammi)

Arma	Calibro	µg Pb	µg Ba	µg Sb
Beretta mod. 50	.22" corto	3,1	n.d.	0,25
Bernardelli mod. 68	6,35 mm	3,2	0,63	0,78
Beretta mod. 1919	6,35	5,0	0,26	0,17
Tanfoglio	6,35	7,0	0,5	0,14
STAR mod. CU	6,35	6,5	0,17	1,36
Colt Pocket	6,35	4,0	4,92	0,38
Mauser mod. 1910	6,35	4,8	7,68	0,35
F.N. mod. 1906	6,35	4,8	<b>7,89</b>	0,45
Colt Pocket	7,65	5,0	0,73	0,37
Sauer & Sohn 1913	7,65	4,1	0,5	0,26
Beretta 1935	7,65	5,2	0,7	0,09
Beretta mod. 70	7,65	7,3	1,05	0,44
FEG mod. 48	7,65	6,1	0,7	0,14
Galesi IAG	7,65	<b>8,0</b>	0,61	0,19
C. Z. mod. 23	7,65	5,3	0,71	0,27
Walther PP	7,65	4,8	0,32	0,18
Bernardelli mod. 70	7,65	3,1	0,47	0,21
Sauer & Sohn mod. 38	7,65	4,2	1,97	0,26

STAR mod. SI	7,65	4,0	4,05	0,66
Lepage	7,65	6,4	4,87	0,66
Bayard I mod.	7,65	4,8	5,03	1,09
M.A.B. mod. C	7,65	4,0	2,90	0,52
M.A.B. mod. D	7,65	7,0	4,03	0,63
Mauser mod. 1910	7,65	4,8	3,98	0,41
Webley & Scott mod. 1906	7,65	2,4	3,28	0,21
Unique mod. 51	7,65	5,0	3,78	0,45
Premier mod. 1913	7,65	4,5	4,51	0,76
Maser mod. HSC	7,65	5,0	7,27	0,78
F.N. mod. 1910/22	9 mm corto	5,7	1,40	0,51
Beretta mod. 34	9 corto	6,3	0,66	0,34
Remington mod. 51	9 corto	6,8	3,71	1,81
Franchi Llama	7,65 mm para	3,9	1,07	0,64
S.I.G.	9 mm para	5,2	0,42	0,04
Luger (Maser)	9 para	3,8	0,39	0,11
F.N. mod. 35	9 para	4,0	n.d.	0,15
Walther mod. P38	9 para	6,5	0,95	0,79
Heckler & Koch P9	9 para	3,4	4,20	<b>2,15</b>
M.A.B. mod. 51	9 para	8,0	3,80	0,54
Astra mod. 400	9 para	4,0	3,37	0,45
Colt mod. 1911	.45" ACP	5,0	4,50	1,40

Anche la critica che ordinariamente viene mossa alla AAN di non essere in grado di distinguere tra contaminazione o presenza occupazionale di Sb e Ba e residui dello sparo, non é condivisibile in quanto il dato quantitativo consente di individuare quale tra le due ipotesi prospettate, é quella attribuibile al caso in esame. Naturalmente il giudizio interpretativo dei dati analitici deve essere accuratamente ponderato cosí come può avvenire esclusivamente da parte di Operatori che hanno accumulato esperienze di ricerca sperimentale e di pratica

applicazione della metodica, come del resto é richiesto per qualsiasi metodo si intenda impiegare per la rivelazione dei residui dello sparo.

E' ben vero che l'effettuazione della AAN richiede la disponibilità di un reattore nucleare per l'effettuazione dell'irraggiamento neutronico, tuttavia tale limitazione é stata risolta –come detto- con l'entrata in commercio dei generatori di neutroni in grado di produrre i necessari flussi neutronici, con costi ragionevolmente contenuti e concorrenziali con quelli di una strumentazione di MES - FRX completa di elaboratore di gestione .

Per quanto concerne la MES - FRX, la metodica, come già riportato, presenta l'indubbio vantaggio di evidenziare gli aggregati particellari che univocamente trovano la loro origine nella deflagrazione delle cartucce per le armi da fuoco portatili. Fattore limitativo appare la mancanza del dato ponderale relativo alla quantità di residuo evidenziata, unitamente al notevole impiego di tempo - macchina richiesto per l'analisi di ciascun campione.

Considerato che con la MES - FRX si é in grado di evidenziare anche una sola particella di residuo di sparo, particolare cura deve essere posta nella valutazione del dato al fine di fornire alla Autorità di Giustizia risposte valide ed affidabili.

In conclusione, come emerge da quanto sopra riportato, ciascuna metodica strumentale presenta vantaggi e svantaggi.

Una possibilità di ottimizzazione per l'ottenimento del dato analitico necessario alla emissione del giudizio di positività o negatività del test, potrebbe essere individuata dalla applicazione di entrambe le metodologie non distruttive per la ricerca dei residui di sparo. Il primo accertamento discriminatorio potrebbe essere effettuato per mezzo della AAN: se con tale metodo non si evidenziano tracce di Sb e Ba, il test può essere considerato negativo.

Se, per contro, l'AAN evidenziasse la presenza di quantità di Sb e di Ba tali da potere essere significativamente ritenute indicatrici di residui di sparo, il successivo accertamento con la MES - FRX, nel caso rivelasse la presenza delle univoche particelle trimetalliche, potrebbe confermare il dato della AAN in modo tale da stabilire con certezza che lo Sb ed il Ba trovano la loro origine in residui di sparo.

La sequenza operativa sopra riportata può essere validamente applicata sia che il prelievo sia stato effettuato con la paraffina, che con lo stub adesivo.

## **Note applicative e curiosità storiche**

### **Casi tipici di origine statunitense.**

#### **L'assassinio del Presidente John F. Kennedy**

Il 22 novembre 1963 il presidente Kennedy fu ucciso da colpi di fucile a Dallas durante una parata in automobile. Poco dopo, il sospetto assassino, Lee Harvey Oswald, fu catturato, ma solo dopo che egli ebbe ucciso a Dallas un agente di polizia che tentava di arrestarlo. Oswald fu visto sparare all'agente con un revolver calibro 0.38. Al sesto piano dell'edificio del Texas Book Depository (Deposito Libri del Texas), da cui erano provenuti i colpi di fucile, la polizia trovò un fucile Mannlicher Carcano (MC) da 6.5 mm (contenente una cartuccia ancora inutilizzata) e tre bossoli MC da 6.5 mm della Western Cartridge Company (WCC).

Tutti i testimoni concordarono che da quella stanza erano stati esplosi tre colpi di fucile quando furono colpiti il presidente e il Governatore del Texas Conally. Oswald non fu mai portato in giudizio per l'assassinio perché, due giorni dopo, mentre la polizia lo trasferiva, fu egli stesso ucciso da Jack Ruby che gli sparò.

Il nuovo presidente, Lyndon B. Johnson, nominò una commissione, presieduta dal Capo della Corte Suprema degli U.S.A. Earl Warren, per condurre una approfondita investigazione sull'assassinio. Nell'autunno del 1964 la Commissione Warren emise il suo rapporto <sup>10</sup> su ciò che aveva scoperto concludendo che il Presidente Kennedy era stato ucciso, ed il Governatore Conally seriamente ferito, da pallottole MC sparate da Oswald dall'edificio del Deposito Libri. Essi conclusero anche che non vi erano valide prove che qualcun altro avesse sparato altri colpi in quel momento.

Il Rapporto della Commissione Warren suscitò molte discussioni, speculazioni e tesi diverse, che produssero numerosi libri in disaccordo almeno con varie parti del Rapporto stesso, e che proponevano altre teorie circa le persone che avrebbero sparato al Presidente.

Alcuni anni più tardi, si riesaminarono tutti i dati del FBI riguardanti il fucile MC, le sue munizioni, le loro analisi INAA e altri esami sui frammenti di pallottola e dei loro rivestimenti che erano stati recuperati. I risultati (solo Sb e Ag) mostravano che i frammenti di pallottola recuperati dalla vittima e dalla vettura su cui viaggiava erano simili per composizione generale alle pallottole WCC da 6.5 mm tipo MC, ma non si poteva stabilire con certezza se altri tipi di munizioni, o se più di due pallottole, avevano colpito la vittima. L'esame microscopico comunque stabilì chiaramente che la "pallottola della barella" (una pallottola danneggiata solo lievemente, trovata sulla barella di Conally, e da qualcuno denominata "la pallottola magica") era stata esplosa dal fucile di Oswald; inoltre che un frammento recuperato, appartenente alla testa di un rivestimento di pallottola, ed un altro, appartenente ad una base di pallottola e trovato sull'auto, erano entrambi stati sparati dal suo fucile.

Nel 1977 la Camera dei rappresentanti degli U.S.A. nominò una Commissione Scelta per condurre nuovamente ricerche sugli omicidi del Presidente Kennedy e di Martin Luther King Jr. La Commissione Scelta dispose di ri-analizzare tutti i campioni di piombo proveniente da pallottole concernenti l'assassinio di Kennedy, ancora per INAA ma usando apparecchiature più moderne.

I rapporti sulle nuove e definitive analisi di questi campioni dimostrarono che il campione CE-399 (I numeri CE sono quelli originali delle prove della Commissione Warren), la pallottola della barella di Conally, e il campione CE-842, frammento recuperato dal polso destro di Conally colpito, sono estremamente simili per le loro concentrazioni di Sb e Ag, con valori medi di  $815 \pm 15$  ppm di Sb e  $9.30 \pm 0.71$  ppm di Ag. Gli altri tre campioni analizzati, CE-567, un grosso frammento trovato nell'auto, CE-84, (frammento recuperato dal cranio di Kennedy, e CE-840, piccolo frammento trovato nell'auto, sono molto simili tra loro per il loro contenuto di Sb e Ag, con valori medi di  $622 \pm 20$  ppm Sb e  $8.07 \pm 0.15$  ppm Ag. Questi valori medi sono sensibilmente più bassi per lo Sb (622 contro 815) e un poco minori per l'Ag (8.07 contro 9.30) di quelli del campione CE-399 e CE-842. Chiaramente i risultati dimostravano la presenza di due tipi di pallottole di piombo di composizioni ben distinguibili analiticamente, e non vi erano prove circa la presenza di più di due pallottole. Anche il rame fu determinato per tutti e cinque i campioni ma i risultati non furono altrettanto chiari: la pallottola della barella di Conally (CE-399) diede per un valore per il Cu di  $58 \pm 3$  ppm,

mentre CE-567, CE-843 e CE-840 diedero un valore medio di  $41 \pm 1.7$  ppm di Cu. I frammenti dal polso del Governatore Conally (CE-842) diedero una concentrazione di Cu molto elevata (994 ppm), indicando che esse erano probabilmente contaminati da parte del rivestimento di rame, così che questa determinazione veniva falsata. Tra parentesi, le analisi INAA mostrarono anche che tutti i frammenti erano composti principalmente di piombo, la cui concentrazione, non misurabile con grande precisione, era del  $98.7 \pm 3.9$  %.

In questo caso fu possibile distinguere per INAA la presenza di due pallottole, anche se della stessa marca e sparate nella stessa occasione dal medesimo fucile, e quindi probabilmente prese da Oswald dalla stessa scatola di cartucce WCC (da 20 pezzi). Di solito, per la maggior parte delle munizioni, tutte le pallottole delle cartucce di una certa scatola sono analiticamente indistinguibili tra loro. Però la storia di queste cartucce WCC è strana. La WCC nel 1954 ne produsse quattro milioni per l'esercito statunitense. Apparentemente erano intese per uso al di fuori degli Stati Uniti, perché l'esercito americano non usa fucili Mannlicher-Carcano da 6.5 mm (un'arma militare italiana della Seconda Guerra mondiale). Qualche tempo prima dell'assassinio del 1963, grandi quantità di queste munizioni rientrarono negli Stati Uniti e furono vendute in magazzini di residuati bellici. Molte di esse arrivarono ancora nelle scatole originali, ma imballate in casse provenienti dalla Grecia.

A qualche punto della loro storia, le pallottole prodotte dalle molte gettate di piombo usate dalla WCC per fabbricare quei quattro milioni di cartucce furono completamente mescolate nelle scatole. Si è stabilito questo fatto qualche anno prima della nuova investigazione del 1977. Misurando molti campioni tratti da varie scatole di queste munizioni acquistate sul mercato si trovarono pallottole di molte diverse composizioni in ogni scatola di cartucce. Benché tutte rispondessero alle specifiche dell'esercito U.S.A. per il piombo tenero (>99.85%) la loro concentrazione di Sb variava da 15 a 1200 ppm, quella di Ag da 5 a 22 ppm, e quella del Cu da 10 a 370 ppm.

Si è anche smontata la cartuccia inesplosa WCC da 6.5 mm MC (CE-141) trovata nel fucile di Oswald, prelevato un piccolo campione del piombo della pallottola. Questo campione di piombo fu poi analizzato per INAA e risultò molto diverso per composizione elementare dalle altre due pallottole MC sparate da Oswald, essendo solo di 15 ppm Sb, ma 22 ppm Ag e 22 ppm Cu. Questa pallottola non era stata analizzata precedentemente. Le pallottole WCC da

6.5 mm sono fortemente corazzate (3.30 grammi di bronzo 90% Cu / 10% Zn che circondano completamente un nucleo di piombo da 7.13 g, tranne che alla base della pallottola).

Nel settembre del 1978 i sopra riportati dati furono presentati ad una udienza pubblica tenuta dalla Commissione Scelta a Washigton, D.C., che avrebbero potuto essere in disaccordo con l'ipotesi originaria della Commissione Warren di un solo uomo (Oswald), e di due pallottole MC di Oswald che colpirono gli occupanti di quell'automobile, servi' invece a rafforzare la loro conclusione originaria. L'altra pallottola sparata da Oswald (probabilmente la prima sparata) apparentemente manco' il bersaglio e non fu più trovata; ne resto' soltanto il bossolo vuoto nella stanza dell'edificio del Deposito Libri. Il secondo colpo colpì il Presidente nella schiena, uscì dalla gola, entrò nella schiena del Governatore e ne uscì dal petto, ruppe il suo polso destro e poi, quasi senza forza, penetrò leggermente nell'anca destra, per cadere sulla barella all'ospedale. Questa pallottola non lasciò frammenti lungo il percorso della ferita sia nel Presidente che nel Governatore, e quindi non fu danneggiata (pur rompendo una costola del Governatore al passaggio) finche' non colpì il polso destro del Governatore. Qui subì un'ammaccatura alla punta e perse circa l'1 % del proprio piombo [recuperato in vari piccoli frammenti (CE-842)]. Il terzo e ultimo colpo di Oswald, quello mortale, colpì il Presidente alla nuca e uscì dalla parte destra della fronte; la pallottola si frammentò in molti pezzi (CE-567, CE-840 e CE-843).

I dati di cui sopra, naturalmente, non provano e non invalidano le varie speculazioni su complotti, come per esempio quella che qualcun altro, oltre ad Oswald, abbia sparato da altre postazioni, come la "collinetta verde". Essi dimostrano però che se qualcun altro stava sparando, le sue pallottole non hanno colpito nessuna persona o cosa che si trovasse nella limousine del Presidente.

## Capitolo 4°

### **Valutazione della distanza di sparo per mezzo della AAN e della tecnica di autoradiografia.**

L'accertamento della distanza di sparo nel corso di indagini svolte per conto della Autorità di Giustizia è, sovente, di grande importanza nella ricostruzione di eventi delittuosi. In molti casi è, pertanto, necessario disporre di una valida tecnica valutativa, specialmente quando è impossibile la rilevazione degli effetti secondari sul bersaglio del colpo d'arma da fuoco.

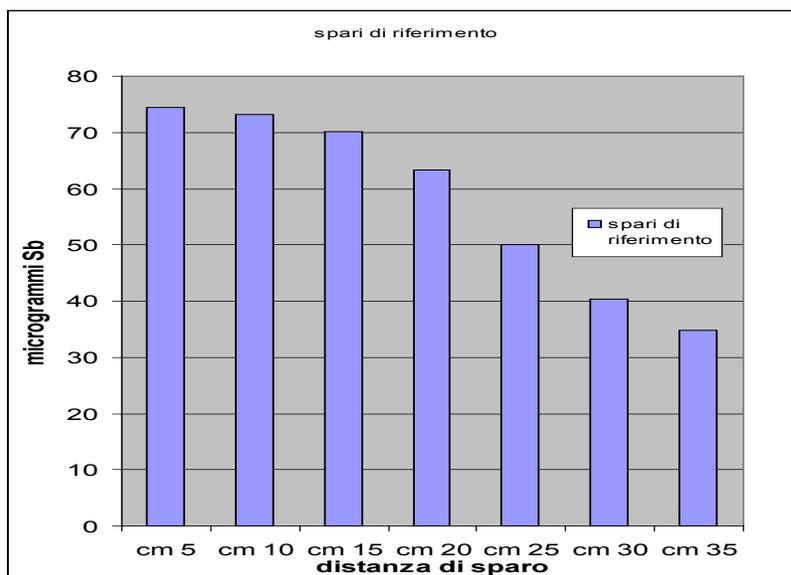
Premessa fondamentale per la valutazione della distanza di sparo è la comprensione degli effetti che lo sparo determina sul bersaglio. All'atto della esplosione della cartuccia, i gas generati dalla deflagrazione della carica di lancio, fuoriescono dal vivo di volata dell'arma trascinando con se le particelle combuste ed incombuste derivanti dalla decomposizione dell'innesco e della polvere di lancio medesima. Per distanze di sparo comprese tra lo sparo a contatto ed i cm 150/200, i residui dello sparo si depositano sul bersaglio in corrispondenza del punto di impatto del proiettile. Tra detti residui sarà presente lo Sb che, come già riferito, trova la sua origine nell'innesco della cartuccia. La quantità di Sb depositata sul bersaglio varia in funzione della distanza di sparo: all'aumentare di quest'ultima diminuisce la quantità di Sb.

Sulla base di tale presupposto, verificato sperimentalmente, è possibile individuare la distanza di sparo relativa ad uno sparo incognito, determinando la quantità di Sb presente intorno al punto di impatto del proiettile effettuando poi il confronto con le quantità di Sb depositate su bersagli relativi a spari sperimentali di riferimento effettuati a distanze note. Gli spari di riferimento devono essere praticati utilizzando il medesimo munizionamento e la medesima arma, se possibile, del caso in esame, in quanto diverse sono le composizioni delle cartucce così come differenti sono i meccanismi di funzionamento delle armi.

A titolo di esempio si riportano le quantità di Sb riscontrate in spari sperimentali con pistola semiautomatica Beretta mod. 92S munizionata con cartucce G. Focchi cal. 9 mm parabellum.

(Si riporta la tabella ed il grafico in cui in ascisse la distanza di ciascuno sparo, in ordinate la quantità di Sb, quindi di residuo dello sparo, corrispondente a ciascuno sparo:

Distanza di sparo in cm	Quantità di Sb in $\mu\text{g}$
5	74,5
10	73,19
15	70,2
20	63,3
25	50,1
30	40,33
35	34,76

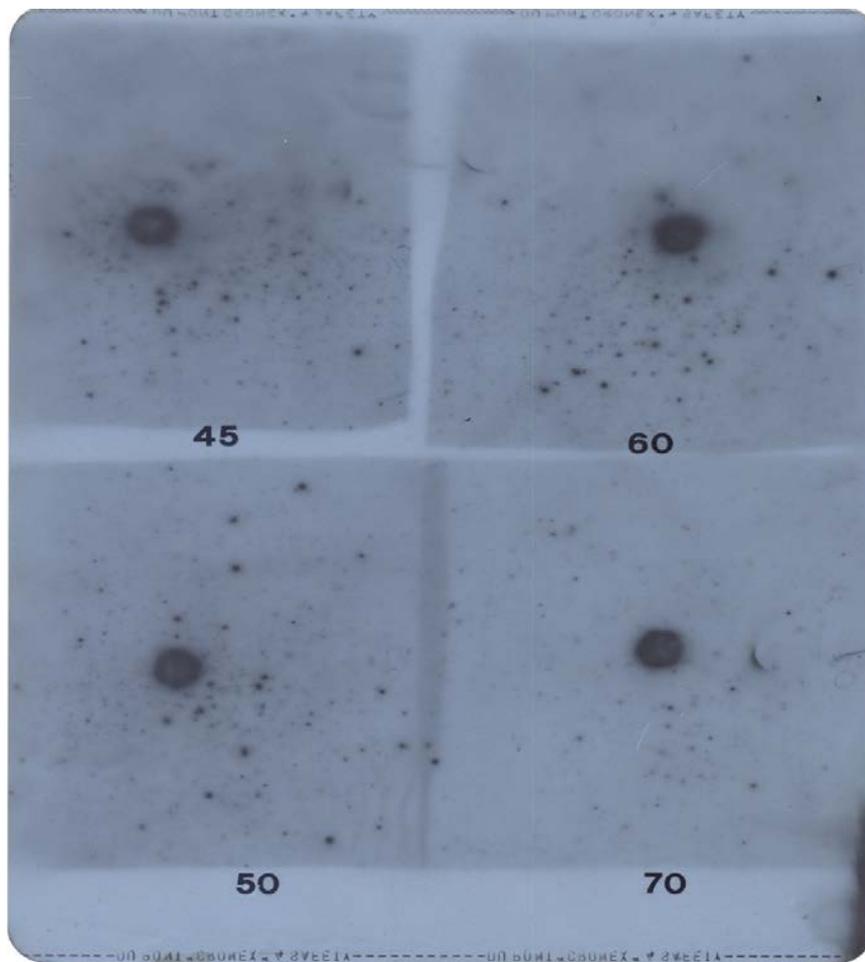


In alcuni casi la valutazione della distanza di sparo con la tecnica di cui sopra si è riferito, può essere ostacolata e resa imprecisa. In particolare il bersaglio, quando è costituito da un indumento, può subire manipolazioni non corrette che determinano la perdita di quantità

significative di deposito con conseguente erronea valutazione della distanza di sparo, che così risulta più elevata. In questi casi può essere utile ricorrere alla effettuazione di autoradiografie della porzione spaziale circostante il foro di ingresso del proiettile.

L'autoradiografia consiste nel mettere a diretto contatto il campione di stoffa prelevato dal reperto in indagine, precedentemente sottoposto all'irraggiamento neutronico, con una lastra fotografica del tipo di quelle sensibilizzate ai raggi X impiegate normalmente nella pratica radiologica. I nuclidi  $Sb^{122-124}$  emettono le loro radiazioni gamma caratteristiche che vanno ad impressionare la lastra fotografica nel punto esatto dove lo Sb è depositato, fornendo così una sorta di mappatura del residuo di sparo. La distribuzione del deposito varia al variare della distanza e se anche manipolazioni scorrette ne hanno determinato la perdita (variazione quantitativa dello Sb), non così sarà per la morfologia del deposito. Confrontando quindi la morfologia del deposito di autoradiografie relative a spari sperimentali di riferimento a distanze note, con quella relativa alla sparo in indagine, si effettuerà la valutazione della distanza di sparo in modo più accurato rispetto alla valutazione quantitativa dello Sb.

A titolo di esempio si riportano alcune autoradiografie relative a spari di riferimento effettuati con un revolver cal. .38" special alle distanze di cm 45, 50, 60, 70: l'annerimento della lastra fotografica individua la distribuzione spaziale dei residui di sparo:



Come si evince dall'esame delle autoradiografie, il deposito di Sb varia sia spazialmente, in funzione della distanza di sparo: a distanze inferiori maggiore è il deposito identificabile in figura dalla zona annerita.

Sarà quindi lasciato al giudizio del ricercatore, caso per caso, se ricorrere alla effettuazione delle autoradiografie, quando la sola determinazione dello Sb può essere ritenuta non sufficiente, specie quando si sospetta una incorretta manipolazione del reperto in esame.

E' necessario, tuttavia, specificare che prove sperimentali di scorretta manipolazione dei reperti, porta ad un errore di valutazione contenuto nell'ordine massimo del 20% che per distanze contenute nei primi 20 cm, risulta poco significativa ai fini della valutazione della distanza di sparo.

## Capitolo 5°

### GLI ESPLOSIVI.

Generalmente nella pratica forense, nel caso in cui si debba indagare su reati commessi con l'uso di sostanze esplosive, viene richiesto al perito esplosivista di individuare:

- il tipo di esplosione (*concentrata* da esplosivo, o *diffusa* per altre cause, quali la presenza in un ambiente di miscele gassose o polverulente) –
- il tipo di esplosivo impiegato
- il quantitativo di esplosivo impiegato
- il tipo di ordigno
- il sistema usato per provocare l'esplosione
- se una persona abbia maneggiato esplosivo

Nella comune opinione si tende a ritenere che per confezionare un ordigno esplosivo o per commettere un attentato occorran particolari conoscenze tecniche; in effetti non è particolarmente difficile procurarsi dei prodotti esplosivi e le conoscenze tecniche necessarie sono alla portata di qualunque persona che non sia analfabeta; l'unica qualità che veramente occorre è una grande prudenza!

Vi sono numerosi prodotti chimici in commercio per fini del tutto leciti e che, con modeste trasformazioni, possono essere usati come esplosivo. Varie "ricette" sono disponibili: ad esempio impiegando clorato di sodio (acquistabile dal fiorista quale diserbante) e zucchero, nitrato d'ammonio (concime chimico) e nafta, zucchero e dicloroisocianato di sodio (usato per disinfettare piscine e locali di mungitura), zucchero e clorito di sodio (un candeggiante) , zucchero e nitrato di sodio (usato in insaccati) o di potassio (fertilizzante, disinfettante), ecc. opportunamente miscelati danno luogo a miscele esplosive.

Con modeste conoscenze di chimica e molta incoscienza, si possono produrre con tutta facilità prodotti detonanti come il fulminato di mercurio, e un tecnico di laboratorio non ha

difficoltà a produrre esplosivi potenti quale l'acido picrico; è alquanto facile produrre la nitroglicerina, ma ne è estremamente pericolosa la manipolazione.

Facilmente reperibile è poi la polvere da sparo senza fumo, usata per caricare le cartucce; essa può servire per confezionare ordigni esplosivi di scarsa forza dirompente ma pur sempre pericolosi per le persone.

In questi ultimi tempi, in questa epoca travagliata dagli attentati terroristici, in molti episodi si è visto l'impiego di un particolare composto chimico facilmente ottenibile con prodotti reperibili senza particolari problemi dal commercio: il perossiacetone. Questo composto è altamente instabile e può essere ottenuto facendo reagire acetone con acqua ossigenata (perossido di idrogeno). Naturalmente la reazione chimica deve essere condotta da chi ha un minimo di dimestichezza con la chimica, non è stato raro, infatti, il caso in cui si sono manifestate esplosioni nei laboratori clandestini, nel corso della preparazione dell'esplosivo.

### **1 - Individuazione del tipo di esplosione e di bomba.**

L'individuazione del tipo di esplosione è abbastanza facile per un esperto in quanto in quella diffusa famiglia di sostanze che possono diventare esplosive (miscele gassose, polveri) manca il tipico focolaio dell'esplosione. E' questo il caso di esplosioni dovute, ad es., a fughe di gas. Per individuare invece il tipo d'esplosivo e di ordigno nei casi in cui ci si imbatte in una "classica esplosione", occorre repertare nel modo più accurato, provvedendo a setacciare anche il terreno e le eventuali macerie, tutti i frammenti anche nel raggio di decine di metri ed occorre eseguire prelievi nel cratere dell'esplosione. Dai frammenti si potrà risalire alla conformazione della bomba e da essi potranno essere prelevati residui inesplosi di esplosivo, o residui della sua combustione, da sottoporre ad analisi chimiche.

L'individuazione del quantitativo di esplosivo usato può essere fatta ad occhio da persone molto esperte, purchè gli effetti di essi consentano di farsi un'idea sulla potenzialità dell'esplosivo usato. Esistono anche formule opportune dalle quali si ricava il quantitativo di esplosivo impiegato nell'ordigno.

## **2 Il tipo di esplosivo usato**

Un esperto può individuare il tipo di esplosivo anche sulla base dell'odore che si percepisce sul luogo dell'esplosione e dalla colorazione dei fumi sviluppati nell'evento, fumi che possono depositarsi come "affumicature" sulle strutture investite dall'onda esplosiva.

Solo l'analisi chimica, tuttavia, può consentire di individuare gli esplosivi o la miscela di esplosivi usati. Trattasi di analisi chimiche sofisticate, che debbono essere eseguite da esperti in chimica degli esplosivi. Passerà alla storia della criminologia l'analisi effettuata dai laboratori di polizia italiani sulla nave Moby-Prince affondata a Livorno, al fine di scoprire l'esplosivo usato per un'esplosione che non vi era mai stata: l'analisi, eseguita da incompetenti, portò ad affermare che era scoppiata una bomba composta da una miscela di una diecina (sic!) di esplosivi! Peccato però che nel luogo ove erano stati raccolti i campioni da esaminare, non vi fosse alcun focolaio di esplosione!

## **3 - Il sistema usato per l'accensione**

Salvo che esso possa essere individuato in base a particolari considerazioni logiche (una bomba fatta esplodere al passaggio di una determinata autovettura è probabile che sia stata radiocomandata), solo il reperimento di frammenti utili può consentire di stabilire quale congegno è stato usato: miccia combusta, pezzi di congegni ad orologeria, parti di congegni elettronici forniscono utili indizi.

In questo campo non vi è praticamente limite alla fantasia degli attentatori i quali possono partire dai congegni a tempo rudimentali che usano una scatola piena di fagioli che gonfiandosi nell'acqua fanno chiudere un circuito elettrico, o un profilattico che viene perforato lentamente da una miscela corrosiva all'acido solforico, per passare poi ai congegni ad orologeria fatti con una sveglia od un orologio od un contaminuti, fino ai moderni circuiti integrati che consentono di programmare data ed ora dell'esplosione con anticipi di giorni o settimane. L'esplosione può poi essere provocata mediante altri congegni sensibili alle più diverse sollecitazioni e reperibili in ogni negozio di elettronica: sensori ad infrarossi che chiudono il circuito quando una persona si avvicina, altimetri che fanno scoppiare la bomba quando l'aereo supera una certa altitudine, altri che reagiscono alla temperatura, igrometri

che reagiscono all'umidità, e così via. Le esplosioni a distanza possono essere provocate mediante cavi elettrici o mediante impulsi radio quali quelli lanciabili con i telecomandi degli aereomodellisti i quali, consentendo la trasmissione di segnali codificati, evitano anche il rischio di esplosioni premature per interferenze radio.

Di solito chi usa una bomba a tempo sofisticata, impiega anche un telecomando per attivarla a distanza senza correre il pericolo di essere coinvolto in esplosioni accidentali.

#### **4 - Se una persona abbia maneggiato esplosivo**

La chimica moderna consente delle analisi talmente sofisticate da rasentare l'inverosimile e sono sufficienti particelle infinitesimali per eseguire analisi utili: chi ha maneggiato esplosivo trattiene sicuramente sulla pelle, sugli indumenti, tra i capelli, molecole della sostanza che, con opportune tecniche possono essere prelevate ed individuate. Tracce di esplosivo penetrano anche nel corpo umano ed è possibile evidenziarle anche alcuni giorni dopo il contatto, mediante l'analisi del sangue.

#### **5.- Conclusioni.**

Le indagini connesse alla ricostruzione di un evento in cui siano state impiegate sostanze esplosive o incendiarie, come del resto in tutte le occasioni di interesse nella ricostruzione di un fatto criminoso, sono grandemente condizionate dagli interventi che vengono effettuati nella immediatezza del fatto. Il sopralluogo di tecnici esperti deve essere anteposto a qualsiasi altro intervento delle Forze dell'Ordine. Solo un esperto in balistica, in esplosivistica etc, sa cosa deve ricercare, quali sono i danni alle strutture che deve valutare, quali sono i prelievi da avviare in laboratorio per le analisi etc.. Purtroppo non sempre questo avviene e, molte volte, indizi e tracce di interesse vengono dispersi da interventi superficiali e, è il caso di dirlo, maldestri<sup>9</sup>.

---

<sup>9</sup> Un particolare ringraziamento al Gen. Romano Schiavi -uno dei più competenti Periti in esplosivi che operano in Italia- per l'aiuto fornito alla stesura del presente capitolo sugli esplosivi.