

*Scuola Interforze
per la Difesa Nucleare Biologica Chimica*



**CONFIGURAZIONE DEGLI ELEMENTI DEL RISCHIO
CONSEGUENTE AL POSSIBILE IMPIEGO
DELL'URANIO IMPOVERITO (DU –DEPLETED URANIUM)**

RIETI

Aprile 2000

INDICE

PREMESSA

1. Natura dell'Uranio Impoverito e suo impiego in campo civile e militare
2. Rischio associato all' esposizione dell'uomo all'Uranio impoverito
3. Rivelazione di allarme e di controllo e norme cautelative per la protezione del personale dai rischi derivanti dall'esposizione all'Uranio impoverito:
 - a. Rivelazione di allarme e norme cautelative
 - b. Rivelazione di controllo e norme cautelative

APPENDICE 1: Direttive generali per la manipolazione, l'imballaggio ed il trasporto di dispositivi contaminati da DU.

APPENDICE 2: Bibliografia e riferimenti normativi

PREMESSA

La minaccia nucleare che si configura nell'attuale scenario operativo è caratterizzata da una serie di rischi derivanti, oltre che dal potenziale impiego dell'arma nucleare, dal possibile rilascio di sostanze radioattive utilizzate nelle tecnologie militari e civili, o a seguito di incidenti ad impianti nucleari danneggiati per azioni accidentali o volontarie.

Quest'ultima tipologia di rischio è particolarmente significativa nelle operazioni a sostegno della pace, nelle quali è rilevante la responsabilità dei Comandi nel salvaguardare il personale anche dai rischi minori associati alle basse dosi di radiazioni (LLR - Low Level Radiation), le quali comportano danni latenti di carattere probabilistico che si manifestano a lungo termine.

La NATO ha preso coscienza del vuoto normativo nello specifico settore militare ed ha emanato la Direttiva ACE 80-63 denominata *“Policy ACE per le misure difensive contro i pericoli delle radiazioni di basso livello durante le Operazioni Militari”* cui è seguita l'elaborazione dello STANAG 2473 denominato *“Guida per i Comandanti sull'esposizione alle radiazioni di basso livello nelle Operazioni Militari”*, volto a chiarire compiti, responsabilità e procedure nello specifico settore.

Nelle more della promulgazione del suddetto STANAG, per soddisfare l'esigenza delle operazioni in corso di svolgimento fuori area, si è ritenuto di adottare quali limiti di riferimento per gli interventi in presenza di rischio LLR quelli previsti dalla normativa radioprotezionistica civile nazionale rappresentata dal D.L. 230/95.

Tra le possibili sorgenti di LLR particolare attenzione va posta nei confronti dell'Uranio Impoverito (che nel seguito sarà indicato con la sigla DU – dall'inglese Depleted Uranium). Questo materiale, disponibile in grandi quantità essendo un sottoprodotto dell'industria nucleare, date le sue caratteristiche fisiche di elevata densità e resistenza, è utilizzato per la fabbricazione di dispositivi impiegati in campo civile e militare.

La trattazione che segue, elaborata in collaborazione con il CISAM (Centro Interforze Studi e Applicazioni Militari), si prefigge lo scopo di configurare gli elementi caratteristici del rischio connesso con l'impiego del DU, fornendo le nozioni tecnico-scientifiche di base necessarie per comprendere meglio la natura del problema e le misure di protezione da attuare per salvaguardare l'incolumità del personale

1. NATURA DELL'URANIO IMPOVERITO E SUO IMPIEGO IN CAMPO CIVILE E MILITARE

L'uranio naturale, così come viene estratto dai minerali che lo contengono, è costituito da una miscela di tre isotopi nelle proporzioni riportate nella tabella seguente:

ISOTopo	%
U^{238}	99.28
U^{235}	0.71
U^{234}	0.0056

Tab. 1: composizione isotopica dell'uranio naturale.

Per poter essere impiegato come combustibile nelle centrali nucleari, l'uranio deve avere una concentrazione di U^{235} intorno al 3.5%, ed è per questo motivo che l'uranio naturale viene “arricchito” mediante un processo di separazione che si può schematizzare come in Fig. 1.

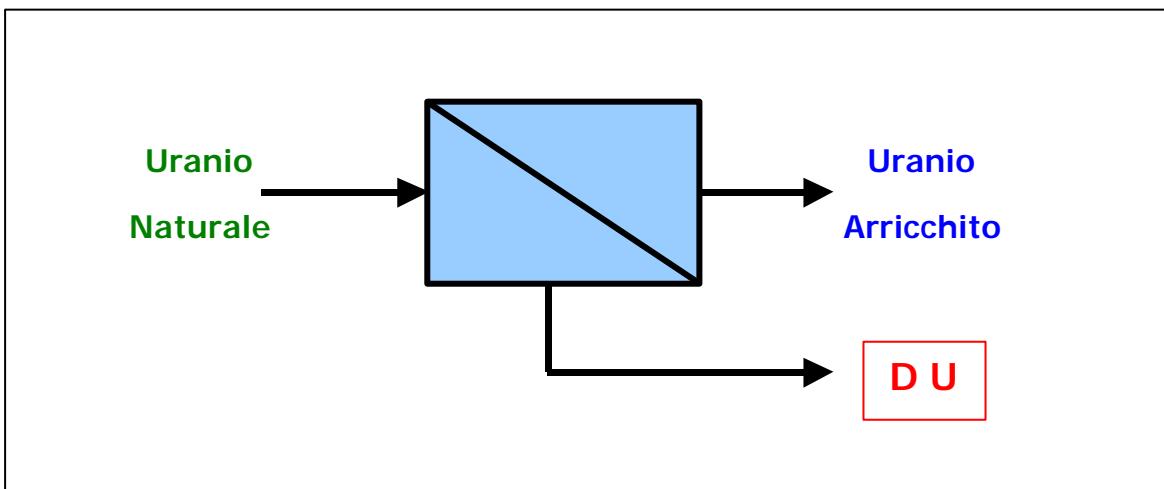


Fig. 1: schema semplificato del processo di produzione dell'uranio arricchito.

Da questo processo si ottiene il combustibile nucleare ed un prodotto “di scarto” povero di U^{235} che è proprio il DU, la cui composizione isotopica media è riportata nella tabella seguente:

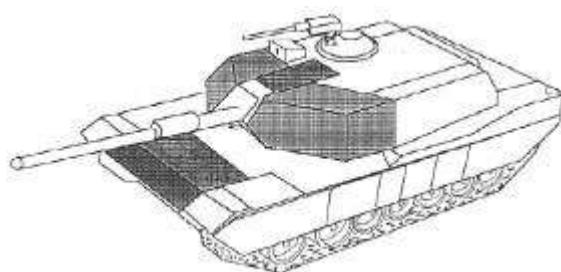
ISOTopo	%
U^{238}	99.8
U^{235}	0.199
U^{234}	0.0010

Tab. 2: composizione isotopica del DU.

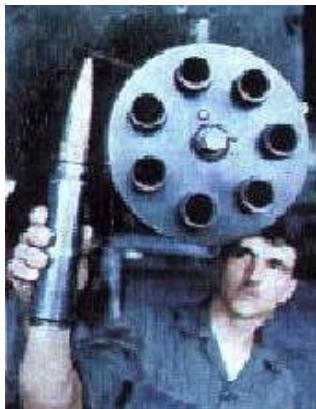
Per le sue caratteristiche di alta densità (19 g/ml contro gli 11.35 g/ml del piombo), resistenza meccanica, basso costo e disponibilità, il DU è utilizzato in applicazioni non nucleari civili e militari.

Tra gli impieghi più diffusi ricordiamo:

- realizzazione di zavorre e contrappesi per velivoli civili e militari, imbarcazioni e sistemi missilistici;
- costruzione di schermature radiologiche per contenitori di sorgenti di radiazioni di elevata attività quali quelle al Co⁶⁰ (Cobalto 60) o Cs¹³⁷ (Cesio 137) per terapia radiante;
- blindatura di zone sensibili di alcuni mezzi corazzati quale, ad esempio, il carro USA Abrams;



- produzione di munizionamento anticarro ad alto potere penetrante (ad esempio nei proiettili di calibro 30 mm, impiegati dalla mitragliatrice del caccia USA A-10 “Thunderbolt”).



30 mm x 173 PGU-14 API
(Armour Piercing Incendiary)



2. RISCHIO ASSOCIATO ALL'ESPOSIZIONE DELL'UOMO ALL'URANIO IMPOVERITO

a. Proprietà chimiche e radiologiche dell'Uranio Impoverito

Le proprietà chimiche del DU sono, per quanto detto, quelle dell'Uranio metallico che è un elemento altamente reattivo.

Esso reagisce facilmente con i composti non metallici ed è un forte riducente, soprattutto in ambiente acquoso.

L'Uranio possiede proprietà piroforiche, soprattutto se finemente suddiviso sotto forma di polvere; ciò significa che può incendiarsi spontaneamente a temperature intorno a 600 ÷ 700 °C.

E' solido a temperatura ambiente, e se esposto all'aria si ossida lentamente assumendo inizialmente una colorazione giallo-oro per poi diventare sempre più scuro fino ad avere un colore nero dopo tre o quattro settimane. Il film di ossido che si forma sulla superficie non è in grado di proteggere il resto del materiale dall'attacco di agenti chimici esterni, di conseguenza il processo di ossidazione prosegue facilmente anche all'interno del manufatto.

Dalla reazione dell'Uranio con altri elementi si ottengono diversi composti che, qualora incorporati nell'organismo umano, presentano caratteristiche tossicologiche diverse a seconda della loro solubilità.

I composti solubili, facilmente assorbiti dalle mucose interne, vengono incorporati nel flusso sanguigno e agiscono negativamente a livello renale determinando vari effetti che regrediscono al termine dell'esposizione.

I composti insolubili non pongono molti problemi dal punto di vista tossicologico poiché, se ingeriti, possono essere facilmente espulsi mediante i normali processi fisiologici.

Per contro, qualora venissero inalati, potrebbero rimanere negli alveoli per lunghi periodi di tempo (mesi o addirittura anni) ed ci sarebbero effetti nocivi dovuti alle proprietà radiologiche dell' U^{238} .

Per quanto attiene alle proprietà radiologiche del DU, come si è detto, esso è costituito principalmente da Uranio 238, capostipite della omonima famiglia radioattiva naturale.

Il processo di riduzione a Uranio metallico determina la separazione dell'Uranio dai radioelementi figli, in precedenza, in equilibrio secolare.

Sono così rimossi il Th234 (Torio 234) e il Pa234 (Proattinio 234) che sono i primi due radioelementi figli che si incontrano di seguito al capostipite U238.

L'Uranio decadendo dà nuovamente luogo alla formazione dei suoi discendenti, in particolare si formano quelli diretti che, caratterizzati da tempi di dimezzamento brevi, tendono a raggiungere in breve tempo l'equilibrio secolare.

Il tempo di dimezzamento dell' U^{238} ($4,5 \cdot 10^9$ anni) è molto più elevato del tempo di dimezzamento del Torio234 (24,1 giorni) e di quello del Protoattinio 234 (1,2 m) e ne consegue che in circa sei mesi l'attività dei due isotopi figli raggiunge quella dell' U^{238} . L'Uranio 238 è un emettitore alfa-gamma, il Torio 234 e il Protoattinio 234 sono emettitori beta-gamma. Il Protattinio 234 è inoltre caratterizzato da energie dei gamma emessi più elevate di quelle relative al Th234 e all' U^{238} .

In conseguenza di quanto indicato, conservativamente, le misure e le valutazioni protezionistiche sono riferite al DU in condizioni di equilibrio secolare con il Th234.

Nelle suddette condizioni, ed a titolo di esempio, sulla superficie laterale di un dardo integro si può valutare un rateo di dose di circa 0,5 mGy/h che decresce a circa 0,05 mGy/h a circa 70 cm di distanza.

Il limite annuale di introduzione (ALI) per inalazione e la concentrazione derivata in aria (DAC), per lavoratori esposti, per l' U^{238} , così come previsto dal DL 230/95, è il seguente:

ALI (inal.)	50 KBq	per composti solubili;
	30 KBq	per meno solubili
	2 KBq	per altamente insolubili
DAC	20 Bq/m ³	per composti solubili;
	10 Bq/m ³	per meno solubili
	0,7 Bq/m ³	per altamente insolubili

L'ALI per inalazione per le persone del pubblico è:

ALI (inal.)	1 KBq	per composti solubili;
	600 Bq	per meno solubili;
	40 Bq	per altamente insolubili.

L'ALI per ingestione per le persone del pubblico è:

ALI (ingest.)	10 KBq	per composti inorganici solubili
	200 KBq	per composti insolubili

b. Esposizione dell'uomo all'Uranio Impoverito

Premessa

Nel presente paragrafo viene configurato il rischio di esposizione esterna ed interna del personale all'Uranio Depleto, utilizzato in **proiettili anticarro tipo PGU-14 di calibro 30 mm**, sulla base dei fenomeni diffusivi conseguenti al loro impatto sui bersagli.

Tale munizionamento, è costituito da un dardo di 292 gr di DU (denominato penetratore), da un componente in lega metallica denominato “Sabot” e dal bossolo anch’esso di materiale metallico.

Esposizione esterna

L'esposizione esterna si ha quando il corpo umano è irradiato da sorgenti radioattive esterne all'organismo.

Ai fini della valutazione delle misure di protezione da adottare nel caso di esposizione esterna, si riporta una tabella recante le indicazioni strumentali fornite dall'intensimetro RA141B senza apportare alcuna correzione di efficienza geometrica o energetica.misure di intensità di Dose nell'area circostante al dardo effettuate in laboratorio con strumentazione di vario tipo:

INDICAZIONI STRUMENTALI ATTORNO A UN DARDO DU

Rivelatore	Distanza in cm dalla superficie laterale del dardo				
	1	10	100	200	limite di rivelabilità
RA141B, con GM, GF144, chiuso	4,5 mGy/h	0,1mGy/h	non rivel.	non rivel.	15 cm
RA141B, con GM, GF144, aperto	80 mGy/h	10 mGy/h	non rivel.	non rivel.	50 cm

I suddetti dati ci consentono di affermare che il rischio di esposizione si ha solo nell'immediata vicinanza del dardo e può essere evitato ponendosi a debita distanza oppure utilizzando un'adeguata schermatura soprattutto per la radiazione gamma che ha maggior potere penetrante rispetto a quella beta.

Esposizione interna

L'esposizione interna è conseguente alla contaminazione interna da DU che si ha quando esso viene incorporato nell'organismo a seguito di ingestione, inalazione o ferite aperte.

L'incorporazione, comporta danni all'organismo causati principalmente dalle proprietà tossiche chimiche dei composti di Uranio solubili e dalla radioattività di quelli insolubili che qualora inalati, se hanno dimensioni dell'ordine del micron o inferiori, permangono negli alveoli polmonari.

In particolare, l'impiego di proiettili al DU durante la Guerra del Golfo, ha evidenziato che nel caso in cui il dardo colpisca un corpo di notevole durezza (carro armato, roccia, etc.) per l'elevata energia posseduta nell'impatto raggiunge alte temperature che ne determinano l'incendio, la vaporizzazione e la dispersione fine nell'ambiente circostante.

Le modalità di deposizione al suolo degli aerosol è funzione delle dimensioni dei granuli che lo costituiscono.

In tempi dell'ordine dell'ora si ha la deposizione al suolo, nell'area più prossima al punto d'impatto, di quelli con diametro dell'ordine delle decine di micron e in tempi più lunghi e in aree più estese la deposizione dei granuli con diametri inferiori ai 10 micron.

In ogni caso le condizioni che regolano la formazione dell'aerosol, la sua permanenza in aria, la deposizione al suolo e l'estensione dell'area interessata sono varie e di difficile quantizzazione.

Tra queste condizioni variabili si possono ricordare come particolarmente importanti le modalità e il punto d'impatto, le condizioni meteorologiche e le caratteristiche geomorfologiche ambientali.

Nel caso che un proiettile da 30 mm al DU abbia colpito un bersaglio di sufficiente durezza disintegrandosi si possono valutare i livelli di Radioattività da Uranio impoverito riscontrabili sul terreno circostante.

Nella tabella che segue sono riportati, in funzione del raggio dell'area di dispersione e del numero di dardi, ipotizzati integralmente disintegriti, i valori conservativi delle concentrazioni superficiali di DU al suolo.

In merito al numero di dardi disintegrati sul bersaglio o nelle immediate prossimità si fa notare che la velocità dell'aereo e le modalità di sparo dei proiettili DU rendono alquanto improbabile che uno stesso mezzo corazzato venga colpito da più dardi. In ogni caso è stata considerata la possibilità di avere fino a due dardi dispersi in un'area con raggio di 10 metri dal punto di impatto e di avere la dispersione integrale di più di due dardi per aree di raggio superiore.

La seguente tabella ipotizza assenza di vento e una dispersione circolare uniforme.

Dispersione del DU

Lato area di dispersione (m)	N. Dardi al DU	Att. totale dispersa (MBq)	Peso di DU disperso (g/m ²)	Attività superf. di DU (kBq/m ²)
10	1	4,3	2,92	43
25	1	4,3	0,46	6,8
50	1	4,3	0,12	1,7
100	1	4,3	0,03	0,4
10	2	8,6	5,84	27,2
25	3	12,9	1,40	20,6
50	4	17,2	0,47	6,8
100	5	21,5	0,15	2,15

Concentrazioni di DU superiori a quella più elevata, riportata nella tabella precedente, potrebbero eventualmente trovarsi sulle superfici di parti interne di un carro colpito.

L'esposizione interna di persone potrebbe avvenire nella forma più grave, per inalazione, se le persone stesse dovessero essere presenti in prossimità del punto di disintegrazione, in tempi immediatamente seguenti il momento dell'impatto di un proiettile all'Uranio impoverito.

Successivamente, a ricaduta al suolo avvenuta, il DU presente può causare esposizione per inalazione solamente nel caso di risospensione di polvere dal terreno.

Dal punto di vista protezionistico si può far notare che, anche considerando la concentrazione superficiale più elevata della precedente tabella (27,2 kBq/m²), nell'ipotesi di un fattore di risospensione conservativo di $10^{-6} \cdot m^{-1}$, si avrebbe per l'aria sovrastante l'area contaminata una concentrazione di DU in aria di 0,027 Bq/m³. Detta concentrazione risulta circa 30 volte inferiore alla concentrazione in aria indicata nel D.Lgs. 230/95 per i lavoratori esposti nelle aree dove possono operare fino a 40 ore per settimana.

3. RIVELAZIONE DI ALLARME E DI CONTROLLO E NORME CAUTELATIVE PER LA PROTEZIONE DEL PERSONALE DAI RISCHI DERIVANTI DALL'ESPOSIZIONE ALL'URANIO IMPOVERITO

a. Rivelazione di allarme e norme cautelative

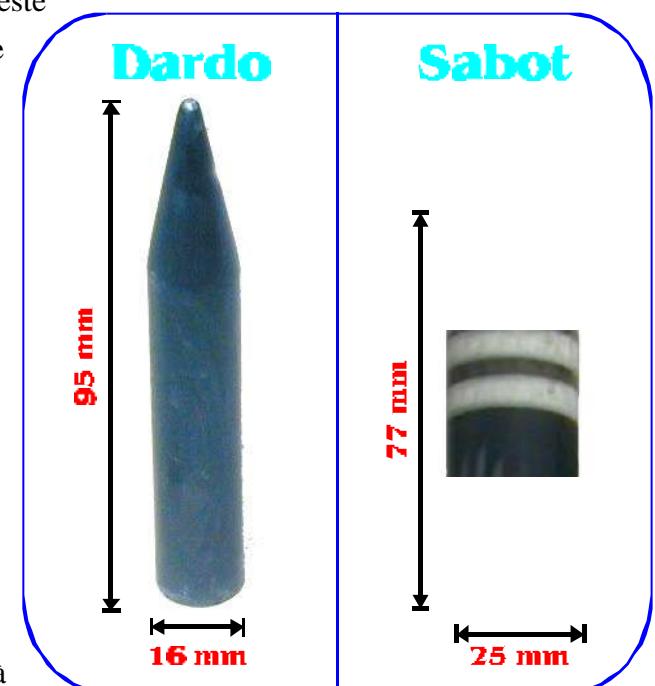
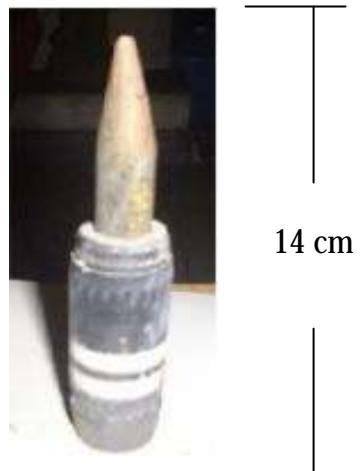
La rivelazione di allarme consiste nelle attività poste in essere da Unità, non necessariamente specializzate NBC o appartenenti al Reggimento NBC, per segnalare al Comando responsabile delle Operazioni condizioni di rischio derivanti dall'individuazione di proiettili al DU o suoi componenti nonché mezzi corazzati colpiti con proiettili al DU.

Per quanto attiene al possibile rinvenimento di proiettili o parti di proiettile al DU, come già precisato, si è in possesso di dati relativi a quelli tipo PGU-14 di calibro 30 mm che quando non colpiscono il mezzo corazzato possono essere rinvenuti integri, ad esempio conficcati nel suolo, e si presentano come nella figura a lato.

Poiché il proiettile è costituito dal dardo di DU e dal "Sabot" di altra lega metallica, queste parti potrebbero essere rinvenute anche separatamente.

Il rinvenimento del proiettile o sue parti costituenti comporta una segnalazione di allarme poiché l'area interessata potrebbe essere contaminata da polvere di DU dispersa da proiettili che avendo colpito il bersaglio si sono distrutti e da dardi conficcatisi nel suolo.

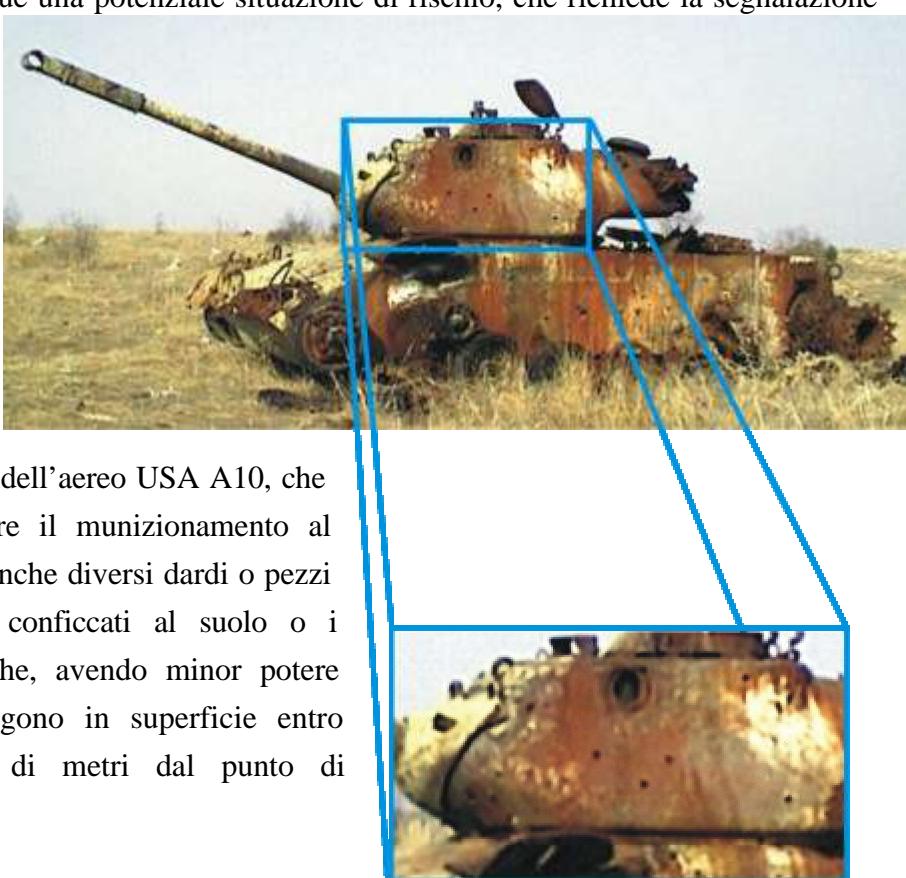
In talune circostanze, sebbene non vengano ritrovate parti di proiettile, tuttavia, dall'osservazione dei danni subiti dai mezzi corazzati, sarà possibile desumere il loro impiego attraverso l'individuazione di fori ben contornati aventi diametro di circa 16 mm causati da dardi perforanti.



In tal caso, pur non potendo affermare con certezza che siano stati impiegati proietti al DU, in quanto anche quelli con dardo al tungsteno provocano analogo effetto, si configura comunque una potenziale situazione di rischio, che richiede la segnalazione di allarme.

I dati raccolti hanno dimostrato che quando il mezzo corazzato viene centrato dalla raffica sparata dal cannone

rotante da 30 mm dell'aereo USA A10, che potrebbe impiegare il munizionamento al DU, si ritrovano anche diversi dardi o pezzi di dardo integri conficcati al suolo o i relativi "sabot" che, avendo minor potere penetrante, rimangono in superficie entro una cinquantina di metri dal punto di impatto.



Norme cautelative

Il personale, in caso di rinvenimento di proiettili al DU o di mezzi corazzati colpiti dovrà mantenere il seguente comportamento:

- indossare una maschera antipolvere e un paio di guanti a perdere, se in dotazione, oppure la maschera antiNBC e i guanti dell'indumento protettivo permeabile, soprattutto in periodi di siccità o vento forte in cui maggiore è il pericolo della risospensione delle polveri contaminanti di DU;**
- ridurre al tempo strettamente necessario la permanenza nell'area;**
- diramare la segnalazione di allarme a tutti i reparti interessati ed alla Unità specializzate NBC comunicando la zona del ritrovamento;**
- non raccogliere o spostare i pezzi sospetti;**
- segnalare, anche con tabelle di fortuna, la presenza del pericolo.**

In tal modo si potrà ridurre al minimo il danno potenziale che il personale potrebbe ricevere principalmente dalla contaminazione interna causata dall'inalazione delle polveri contaminanti e in misura minore da una manipolazione incauta di oggetti contaminati al DU nelle aree segnalate.

b. Rivelazione di controllo e norme cautelative

La rivelazione di controllo consiste nelle attività poste in essere da Unità specializzate NBC o dal personale tecnico del CISAM (Centro Interforze Studi e Applicazioni Militari), volte a:

- verificare, attraverso misure e controlli, l'effettivo uso di proiettili al DU;
- stabilire l'estensione dell'area contaminata ed se necessario delimitarla;
- raccogliere i pezzi di proiettile e confezionarli per il trasporto secondo le modalità in annesso 1 (imballaggio trasporto e custodia di proiettili al DU);
- raccogliere campioni di matrici ambientali per i controlli di laboratorio;

Tale attività potrebbe scaturire sulla base della segnalazione d'allarme pervenuta da Unità o da fonti informative.

Al riguardo è necessario che il Comando responsabile dell'area di operazioni richieda, alle autorità militari competenti, l'elenco dettagliato delle località nelle quali sono stati utilizzati proiettili al DU e le tipologie dei proiettili stessi, fornendo tali informazioni al Comando dell'Unità incaricata dell'effettuazione della rivelazione di controllo.

Il personale che effettuerà tale attività dovrà svolgere la missione indossando una maschera antipolvere e un paio di guanti a perdere.

Come già detto al para “2”, il DU è caratterizzato da emissione radioattiva di tipo “alfa”, “beta” e “gamma” dovuta all’Uranio 238 ed ai suoi prodotti di decadimento diretti Torio 234 e Protoattinio 234, che hanno specifiche energie di emissione.

La capacità di rivelazione della presenza di DU è pertanto legata alla sensibilità della strumentazione impiegata in relazione alla contaminazione presente ed alle energie di emissione caratterizzanti i suddetti isotopi.

In particolare, l’Intensimetro RA141B, attualmente in dotazione alle Unità NBC per la rivelazione della contaminazione radioattiva, data la sua limitata sensibilità dovuta a specifiche tecniche studiate per uno scenario operativo caratterizzato dall’impiego di ordigni nucleari, consente di rivelare esclusivamente pezzi consistenti di DU con misure effettuate a distanza minore di 10 centimetri.

In particolare, i dati in possesso relativi a misure effettuate sul munitionamento tipo PGU-14 di calibro 30 mm, già riportati nella tabella a pag.7 denominata “Indicazioni strumentali attorno a un dardo di DU”, permettono di affermare che:

- la misura effettuata con sonda Beta-Gamma GF144, con Geiger chiuso ad 1 cm dal dardo rivela un rateo di dose gamma pari a 4,5 $\mu\text{G}/\text{h}$, la stessa misura effettuata con Geiger aperto, orientando la finestra beta verso il dardo di DU ad 1 centimetro dal medesimo come nella figura a lato, rivela un rateo di Dose pari a 80 $\mu\text{G}/\text{h}$.



In caso di rinvenimento di dardi di DU o parti di proiettile contaminate, l’Unità specializzata NBC dovrà provvedere alla loro rimozione, trasporto e custodia in area di deposito secondo le modalità di seguito indicate:

- confezionare i reperti e trasportarli nei relativi contenitori nell’apposita area di deposito preventivamente individuata secondo le modalità in Appendice 1;
- segnalare in maniera ben visibile la zona di deposito;

Qualora, pur non avendo individuato dardi o pezzi di dardo al DU, sussista comunque il sospetto di trovarsi in presenza di **polveri di DU contaminanti**, è necessario procedere all’effettuazione di misure più accurate con strumentazione più sensibile e specifica in dotazione al CISAM o alle Unità specializzate NBC, che consenta la misura diretta di contaminazione superficiale (contaminametri), da effettuarsi sulla superficie dei mezzi corazzati colpiti o sul terreno.

A seguito delle attività di rivelazione di controllo, effettuate dalle Unità specializzate NBC e/o dal CISAM, si dovrà provvedere affinché:

- tutto il personale venga informato circa le aree effettivamente interessate dalla presenza di munitionamento al DU, specificando la tipologia del munitionamento individuato e richiedendo la tempestiva segnalazione alle Unità specializzate NBC di eventuali ritrovamenti di analogo materiale;
- venga svolta una efficace opera di vigilanza e sensibilizzazione da parte dei Comandanti di Cp./Pl. Affinché, qualora siano rinvenuti oggetti indebitamente

prelevati da aree colpite, questi vengano sottoposti a controllo dalle Unità specializzate NBC.

Per quanto attiene al personale delle Unità specializzate NBC che potrà essere chiamato a intervenire nelle aree assoggettate al rischio di contaminazione da DU, è necessario prevedere che al termine delle attività di rivelazione radiologica possa essere sottoposto alla bonifica individuale approfondita nelle apposite stazioni di bonifica.

APPENDICE 1

DIRETTIVE GENERALI PER LA MANIPOLAZIONE, L'IMBALLAGGIO ED IL TRASPORTO DI DISPOSITIVI CONTAMINATI DA DU

In caso di rinvenimento di materiali o dispositivi contaminati, il personale delle Unità specializzate NBC dovrà provvedere al loro confezionamento, trasporto e custodia secondo le modalità di seguito indicate:

1. Confezionamento e trasporto dei reperti

- reperire un opportuno contenitore schermato o in alternativa un contenitore metallico di opportune dimensioni (ad esempio contenitore di proiettili) e munito di coperchio;
- porre uno strato di sabbia pressata sul fondo dello stesso;
- avvolgere il reperto in una busta di plastica (vanno bene anche quelle usate per la spazzatura);
- adagiare sulla sabbia il reperto confezionato nella plastica e ricoprirlo completamente di sabbia;
- chiudere il coperchio e procedere al trasporto dalla zona di ritrovamento a quella adibita a deposito;
- una volta giunti sul luogo del deposito, versare il reperto con tutta la sabbia nei contenitori metallici predisposti;
- registrare su un opportuno documento di accompagnamento quantità e descrizione dei reperti conservati in ciascun contenitore.

2. Predisposizioni per la custodia in sicurezza

- individuare il locale/deposito destinato alla conservazione in sicurezza dei reperti che dovrà essere chiuso a chiave e recare indicazione esterna di pericolo;

- predisporre uno o più contenitori metallici di qualsiasi genere (es. bidoni contenitori di olio, pittura o altro), **purché muniti di coperchio chiudibile**, e possibilmente aventi dimensioni non superiori a 600x600x600 mm allo scopo di agevolare eventuali future azioni di condizionamento e trasporto;
- predisporre all'interno del locale/deposito intorno ai contenitori un muretto realizzato con sacchetti di sabbia per ottenere una schermatura adeguata;
- prevedere l'effettuazione di ispezioni periodiche misurando contestualmente l'Intensità di Dose nell'ambiente.
In particolare, occorre verificare che le misure effettuate nell'area esterna nell'intorno del locale/deposito non siano superiori al fondo strumentale;
- il locale/deposito dovrà comunque rispondere ai requisiti di sicurezza radiologica specifici che dovessero essere stabiliti dal CISAM in dipendenza della quantità di materiale radioattivo raccolto;
- è necessario prevedere esternamente ed internamente al locale mezzi fissi per l'estinzione di incendi (solo all'esterno) e mobili (all'esterno e all'interno) quali, rispettivamente, manichette predisposte all'impiego immediato ed estintori;
- la permanenza del personale all'interno del locale/deposito deve essere limitata al tempo strettamente necessario alla sistemazione del materiale radioattivo rinvenuto o all'effettuazione dei controlli.

In caso di allegamento o incendio del locale/deposito, dovranno essere adottati i seguenti comportamenti:

- **in caso di allagamento:**
se i contenitori utilizzati sono chiusi correttamente e i reperti sono stati confezionati come sopra indicato non c'è possibilità che la contaminazione possa propagarsi.
Tuttavia è necessario prosciugare immediatamente il deposito o provvedere al trasferimento dei contenitori in altro locale/deposito asciutto.

- **caso di incendio:**

ancorché i recipienti metallici e la sabbia che avvolge i reperti costituiscano una buona protezione dalle fiamme, è necessario che il personale che interviene per estinguere l'incendio sia dotato di mascherine antipolvere o altri mezzi di protezione che evitino la possibile inalazione di fumi contaminati.

Dopo l'estinzione occorre effettuare l'ispezione del locale/deposito indossando guanti e mascherina antipolvere allo scopo di verificare visivamente e con l'ausilio della strumentazione che tutto il materiale sia integro e la contaminazione non si sia propagata.

In caso di rinvenimento di reperti bruciati occorre confezionare i residui di combustione al fine di circoscrivere la contaminazione.

Ad ogni buon conto, nelle suddette circostanze, qualora si ritenga compromessa la sicurezza del personale, possono essere richieste indicazioni comportamentali di dettaglio all'Esperto Qualificato reperibile presso il CISAM di Pisa (tel. 050964111).

RIFERIMENTI

- D.L. 230/95 “Attuazione delle direttive Euratom 80/836, 84/467, 84/467, 84/466, 89/618, 90/641 e 92/3 in materia di radiazioni ionizzanti.
- STANAG 2473 “Guida per i Comandanti sull’esposizione ai bassi livelli di radiazione durante le operazioni militari;
- DIRETTIVA ACE 80-63 “ACE policy for defensive measures against Low Level Radiological hazards during military operations”;
- Problematiche radioprotezionistiche connesse alle blindature di un carro con Uranio impoverito (Dott. Sabatini –CISAM) in data set 1997;
- *“Assessment of the potential effects on human health and the environment due to the possible use of depleted uranium in the Balkan conflict in 1999”* Report to UNEP/Habitat Balkans Task Force in data 27 set 1999;
- IX Seminario NBC (Rieti, 9-10 maggio 2000) intervento del Dott. Vittorio Sabbatini (CISAM), sul tema “Indagine ambientale sull’inquinamento DU nell’area del contingente italiano nel Kosovo”.