



Giunte e Commissioni

RESOCONTO STENOGRAFICO

n. 4

**COMMISSIONE PARLAMENTARE DI INCHIESTA
sui casi di morte e gravi malattie che hanno colpito il
personale italiano impiegato nelle missioni militari all'estero,
nei poligoni di tiro e nei siti in cui vengono stoccati
munizionamenti, nonché le popolazioni civili nei teatri di conflitto
e nelle zone adiacenti le basi militari sul territorio nazionale,
con particolare attenzione agli effetti dell'utilizzo
di proiettili all'uranio impoverito e della dispersione nell'ambiente
di nanoparticelle di minerali pesanti prodotte dalle esplosioni
di materiale bellico**

AUDIZIONE DI ESPERTI

6^a seduta: martedì 2 maggio 2007

Presidenza della presidente Lidia BRISCA MENAPACE

I N D I C E**Audizione di esperti dell'Istituto superiore di sanità**

PRESIDENTE	Pag. 3, 5, 6 e <i>passim</i>	TRENTA	Pag. 4, 6, 7 e <i>passim</i>
DIVINA (LNP)	5	MINERVINI	5, 9, 10 e <i>passim</i>
VALPIANA (RC-SE)	7, 12, 20	ZUCCHETTI	5, 6, 9 e <i>passim</i>
RAME (Misto-IdV)	27		

Sigle dei Gruppi parlamentari: Alleanza Nazionale: AN; Democrazia Cristiana per le autonomie-Partito Repubblicano Italiano-Movimento per l'Autonomia: DCA-PRI-MPA; Forza Italia: FI; Insieme con l'Unione Verdi-Comunisti Italiani: IU-Verdi-Com; Lega Nord Padania: LNP; L'Ulivo: Ulivo; Per le Autonomie: Aut; Rifondazione Comunista-Sinistra Europea: RC-SE; Unione dei Democraticicristiani e di Centro (UDC): UDC; Misto: Misto; Misto-Consumatori: Misto-Consum; Misto-Italia dei Valori: Misto-IdV; Misto-Italiani nel mondo: Misto-Inm; Misto-L'Italia di mezzo: Misto-Idm; Misto-Partito Democratico Meridionale (PDM): Misto-PDM; Misto-Popolari-Udeur: Misto-Pop-Udeur; Misto-Sinistra Critica: Misto-SC.

Intervengono il professor Giorgio Trenta, il professor Massimo Zucchetti e il tenente Paride Minervini.

I lavori hanno inizio alle ore 12,15.

COMUNICAZIONI DEL PRESIDENTE

PRESIDENTE. Desidero segnalare ai colleghi presenti l'intenzione di procedere in tempi rapidi alla nomina di un primo gruppo di consulenti della Commissione sulla base delle indicazioni formulate al riguardo dall'Ufficio di Presidenza integrato dai rappresentanti dei Gruppi nella seduta dello scorso 19 aprile, in modo da consentire alla Commissione di procedere speditamente nel prosieguo dei suoi lavori.

SULLA PUBBLICITÀ DEI LAVORI

PRESIDENTE. Comunico che la pubblicità dei lavori sarà assicurata dalla pubblicazione del resoconto stenografico.

Audizione di esperti

PRESIDENTE. L'ordine del giorno reca l'audizione degli esperti, professor Giorgio Trenta, professor Massimo Zucchetti e tenente Paride Minervini.

Ricordo che è stata avviata una serie di audizioni di esperti, in attesa di nominare i consulenti della Commissione. Ci troviamo quindi in una fase preliminare in cui gli esperti possono fornire contributi che appaiono necessari alla Commissione per il proseguimento del suo percorso di indagine.

Il primo gruppo di esperti che sono stati auditi finora comprende, tra gli altri, studiosi che, tra le possibili cause delle patologie oggetto dell'inchiesta, si sono concentrati sulla problematica delle nanoparticelle, mentre il secondo, di cui voi fate parte, si occupa specificamente degli esperti della radioattività e della balistica. Ovviamente nessuno userebbe un linguaggio così approssimativo, neanche nei titoli dei quotidiani; più che altro si tratta di un gergo del tutto interno alla Commissione, che avverte la necessità di orientarsi in base ad una sorta di differenziazione specialistica. Infatti, la mia opinione, comune peraltro a quella di molti altri commissari, è che se cerchiamo una sola causa dell'effetto su cui stiamo indagando probabilmente non riusciremo a giungere a conclusioni significative. Del resto, è quasi sempre sbagliato cercare una sola causa ad un

evento complesso. Peraltro, la stessa denominazione della Commissione ci consente di fare riferimento sia all'uranio impoverito che ad altri fattori (ambientali, genetici e altro ancora) quali cause delle morti e malattie che hanno colpito il personale italiano impiegato nelle missioni militari all'estero. Pertanto ci muoviamo perfettamente nell'ambito delle competenze assegnateci. Speriamo in questo modo di approssimarci al fine che ci siamo posti, quello cioè di verificare la possibilità di catturare un «imputato sfuggente». Tutti sanno, infatti, che l'uranio impoverito non è salutare, ma sembra che non sia stato ancora individuato, almeno in Italia, in modo scientificamente dimostrato quale causa degli effetti così clamorosamente negativi sinora registrati; fino a questo momento non siamo nemmeno riusciti ad ottenere dati ufficialmente certi in merito.

Per questo motivo uno dei compiti che si propone la Commissione è quello di richiedere ai distretti militari documenti ufficiali. Ricordo a tale proposito che il Ministero della difesa, su nostra richiesta, ha eliminato qualsiasi divieto di accesso o segreto militare in materia. L'Istituto superiore di sanità, quindi, formulerà gli opportuni e specifici quesiti al fine di limitare la mole di incartamenti da esaminare. Questo è il metodo che la Commissione sta seguendo per acquisire il materiale necessario ai propri lavori.

In questa specifica fase, in base alle audizioni svolte, stiamo cercando di individuare gli esperti che potrebbero entrare a far parte del gruppo di consulenti del nostro organismo. È quindi mia intenzione – e la Commissione non si è pronunciata in contrario – assegnare a gruppi in qualche modo affini o che ci paiono tali (e, se così non è, questa ipotesi infondata può anche essere abbandonata) un tempo contenuto per lo svolgimento di una ricerca mirata. Ad esempio, potremmo chiedere quanto tempo è necessario per aggiornarci sull'evoluzione del fenomeno rispetto a un anno fa, nel caso si tratti di esperti che abbiano già fatto parte del gruppo di consulenti della precedente Commissione. Oppure, potremmo chiedere entro quanto tempo è possibile sapere se l'uranio impoverito è una causa o una concausa del fenomeno, assunte tutte le cautele scientifiche necessarie. Sono elementi che potrebbero risultare utili per il prosieguo del nostro lavoro. Inoltre, se sono verificabili questi due primi aspetti dell'intera questione, vorremmo sapere se esistono possibili modalità di prevenzione e se queste sono state prese in considerazione in altri Paesi rispetto a rischi anche non del tutto certi. Infatti, quando si tratta della vita di esseri umani vale il criterio della precauzione e dell'intervento per prevenire rischi seppure non del tutto certi.

Ringraziandovi per la vostra presenza, vi lascio ora la parola per una breve presentazione, ricordando che la documentazione da voi consegnata è già stata distribuita a tutti i presenti.

TRENTA. Sono il professor Giorgio Trenta, laureato in fisica e in medicina, specializzato in medicina del lavoro. Mi sono sempre interessato di radioprotezione e attualmente ricopro un incarico di docenza all'università La Sapienza di Roma per l'insegnamento di questa materia agli specializ-

zandi in radiodiagnostica e radioterapia. Ho lavorato per lungo tempo all'ENEA (Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente) presso la Direzione sicurezza nucleare e protezione sanitaria, mentre presso l'Istituto nazionale di fisica nucleare ho ultimamente svolto una funzione di coordinatore delle attività mediche al suo interno. Inoltre sono presidente dell'Associazione italiana di radioprotezione medica.

MINERVINI. Sono il tenente Paride Minervini, attualmente nella riserva attiva ed ispettore per conto del Ministero per i beni e le attività culturali.

Mi sono sempre occupato di balistica e ho studiato anche alcuni incidenti o episodi particolari che hanno richiesto analisi balistiche quali, ad esempio, il caso Ilaria Alpi o quello del carro armato Ariete, in cui si è verificato il decesso del pilota. Provengo da una famiglia che si è sempre occupata di balistica e, dopo avere frequentato alcuni *master* negli Stati Uniti, ho ampliato ed applicato le nuove formule a questa scienza, ora arrivata anche in Italia. Da pochissimi anni, infatti, gli studi balistici vengono impiegati anche nel settore forense per l'esame di incidenti in cui risultano utilizzate particolari armi da fuoco (dal piccolo calibro all'ordigno di artiglieria) che vengono da noi studiate al fine di fornire ai magistrati e agli organi giurisdizionali spiegazioni in merito all'evento accaduto.

ZUCCHETTI. Sono il professor Massimo Zucchetti, laureato in ingegneria nucleare. Attualmente sono professore ordinario di impianti nucleari presso il Politecnico di Torino; la mia materia di insegnamento è «Protezione dalle radiazioni» (si intende radiazioni ionizzanti). Per quanto riguarda specificamente l'uranio impoverito, sono autore di un libro, pubblicato lo scorso anno, dal titolo *Uranio impoverito. Con elementi di radioprotezione ed utilizzo delle radiazioni ionizzanti*. Studio l'uranio impoverito sin dal 1999 e ho pubblicato una dozzina di articoli su riviste nazionali ed internazionali proprio su tale argomento.

PRESIDENTE. Non so se i colleghi desiderano porre preliminarmente delle domande ai nostri ospiti.

DIVINA (LNP). Signora Presidente, in questa audizione probabilmente affronteremo la materia con un taglio diverso rispetto alle sedute già svolte. Per noi è difficile dare un indirizzo agli esperti, mentre sarebbe preferibile lasciarli liberi di impostare il tema. Ognuno di loro potrebbe dare un taglio completamente differente alla questione. Dunque, per ora mi rimetterei alla loro esposizione.

PRESIDENTE. Quanto lei afferma, senatore Divina, è perfettamente fondato. Le sono grata di essersene fatto carico per tutti noi, perché ci ha tolto dall'imbarazzo.

Lascio quindi la parola ai nostri ospiti ai quali però rivolgo almeno una domanda: vorrei sapere se hanno qualcosa di significativo da offrirci

rispetto alle finalità della Commissione, che qualcuno di loro conosce per avere già collaborato l'anno scorso, ma in ogni caso per esserne stati informati attraverso la lettera di convocazione.

ZUCCHETTI. Signora Presidente, sono già stato audito presso la Commissione nella precedente legislatura per quanto riguarda i gravi casi di morte dovuti ad uranio impoverito. Se ho ben compreso, oggi sono stato convocato per valutare se vi siano evidenze di tossicità di tipo radiologico e radioattivo per quanto riguarda l'uranio impoverito e come questa tossicità di tipo radioattivo e radiologico vada trattata. Mi sono permesso di preparare al riguardo un piccolo rapporto, che è un estratto ragionato dal libro che ho pubblicato, riguardante proprio gli aspetti di radioprotezione. La mia trattazione odierna vuole dimostrare come gli aspetti radioattivi dell'uranio impoverito non siano da trascurare e abbiano una grande valenza nella sinergia di varie concause che possono dare la tossicità dell'uranio impoverito.

Su questo incentrerò la mia trattazione; successivamente sarò a disposizione per altri argomenti, ma oggi vorrei limitarmi a questo.

PRESIDENTE. Se ho ben compreso, c'è un'interessante possibilità di confronto tra il professor Zucchetti e il professor Trenta, il quale si occupa della quantità delle cariche radioattive. La modica quantità nelle droghe pesanti o leggere è significativa; mi pare di avere capito che criterio analogo venga applicato anche alla quantità delle radiazioni. Quindi, da quanto ci è stato segnalato come primo approccio, ritengo che potrebbe esserci un interessante confronto. Del resto, se ho ben compreso, non è vero che le piccole quantità siano poco pericolose.

TRENTA. È esatto. Nell'ambito dell'impostazione di base della radioprotezione, che è una disciplina di prevenzione, il principio di cautela indubbiamente è sacrosanto: si tratta di proteggere le persone. E il principio di cautela in questo settore particolare è rappresentato dalla cosiddetta «ipotesi lineare senza soglia». Le evidenze epidemiologiche condotte sulle popolazioni esposte nel passato hanno dimostrato che per dosi medie ed alte (cioè al di sopra di 200-500 millisievert (mSv)) c'è una correlazione tra dose ricevuta e frequenza di incidenza di malattia. Al di sotto c'è la cosiddetta «zona muta»: non è possibile con gli studi epidemiologici ad oggi effettuati, anche quelli più sofisticati, disporre di dati univoci nella dimostrazione della correlazione tra causa ed effetto.

Ai fini della radioprotezione si assume che per dosi anche inferiori a quei valori possa esserci una correlazione lineare, cioè la probabilità dell'incidenza ha un valore direttamente proporzionale alla dose ricevuta. L'ipotesi lineare senza soglia non esclude quindi che anche piccole quantità di dose ricevuta possano essere la causa di manifestazioni patologiche, in particolare degli effetti di tipo stocastico (tumori e leucemie).

C'è però un altro criterio che viene usato in radioprotezione ed in particolare in medicina legale, cioè quello della cosiddetta «probabilità

di causa» (PC): si tratta della probabilità che una determinata esposizione in una particolare persona con certe caratteristiche di età al momento dell'esposizione e al momento della diagnosi, in determinate condizioni, possa essere considerata causa della manifestazione oncologica riscontrata in sede clinica.

Questa metodologia è ormai ampiamente diffusa anche nei nostri tribunali. È stata utilizzata dall'INAIL, almeno fino a qualche tempo fa, per dirimere i contenziosi in ambito assicurativo. Ritengo che tale metodologia possa essere applicata anche in questo caso per fare una valutazione di tipo probabilistico: se la probabilità è superiore a un certo valore, c'è il legittimo sospetto che l'esposizione sia stata la causa di quell'effetto; se la probabilità è inferiore, allora la correlazione causale viene a mancare.

PRESIDENTE. Quasi tutti gli scienziati interpellati ci dicono che stabilire un rapporto causa-effetto non è possibile, perché i tumori si manifestano dopo dieci anni dall'esposizione. Potrebbe essere allora che una serie di concause accelerino l'insorgenza dell'effetto oncologico?

TRENTA. No, le indagini epidemiologiche condotte fino ad oggi dimostrano che soltanto la leucemia è una patologia oncologica che compare in tempi relativamente brevi dall'esposizione: inizia dopo circa due anni dall'esposizione, raggiunge un massimo dopo cinque-sei anni e poi la frequenza diagnostica decresce nel corso degli anni successivi. Tutti gli altri tumori hanno un periodo di latenza durante il quale covano, ma non vengono diagnosticati perché sono troppo piccoli; questo periodo minimo di latenza è dell'ordine di dieci anni. C'è un'eccezione, che sembra dimostrata dall'episodio di Chernobyl, per quanto riguarda il tumore alla tiroide, che è comparso nei bambini a distanza di quattro anni dall'incidente.

PRESIDENTE. Anche tra i nostri militari c'è qualcosa di simile.

La somministrazione di *kit* di vaccini potrebbe avere un effetto che modifica la capacità dell'organismo di reagire ad agenti patogeni?

TRENTA. Dal punto di vista medico ritengo che, in effetti, le vaccinazioni, specialmente se condotte in misura massiccia, possano determinare degli squilibri nel sistema immunitario, che, tra l'altro, teniamolo presente, è quello che ci protegge dai tumori: è il terzo punto di salvaguardia rispetto alla crescita tumorale. Se il sistema immunitario è depresso, se non funziona bene, si può pensare che tale depressione possa in qualche maniera contribuire al successivo manifestarsi del processo oncologico.

VALPIANA (RC-SE). Vorrei chiederle se è stata riscontrata una differenza di genere tra soldati di sesso maschile e di sesso femminile in riferimento all'incidenza delle patologie riscontrate, naturalmente tenendo conto delle differenze sul piano numerico. Inoltre, poiché la nostra Commissione, a differenza di quanto avvenuto nella scorsa legislatura, si oc-

cupa anche della popolazione civile residente nelle zone in cui è stato utilizzato l'uranio impoverito, vorrei sapere quali studi vengono fatti, in particolare in relazione a possibili effetti teratogeni (quindi soprattutto su donne in gravidanza o in età feconda).

TRENTA. Per quanto riguarda il primo punto, indubbiamente vi sono differenze di radiosensibilità in relazione al sesso, nel senso che, per esempio, la metodologia della probabilità di causa distingue tra maschio e femmina. Anche l'evidenza epidemiologica, peraltro, dimostra che il sesso femminile è più sensibile ad alcune patologie, ad esempio per quanto riguarda il tumore della tiroide, rispetto al quale la donna è più sensibile alle radiazioni rispetto all'uomo per circa un fattore tre. Anche per quanto riguarda la leucemia – che, come ho detto prima, è la malattia che compare più precocemente a seguito dell'esposizione a radiazioni ionizzanti – si registra un'incidenza diversa tra maschio e femmina a parità di dosi e di tutti gli altri parametri considerati.

Per quanto riguarda gli effetti ereditari e quindi le indagini che possono interessare la popolazione, alcuni studi condotti su animali (in particolare sulla *Drosophila melanogaster*, il moscerino della frutta) dimostrano in maniera chiara che le radiazioni ionizzanti inducono effetti mutageni e quindi vi è una trasmissione da madre o da padre a figlio di eventuali mutazioni genetiche e di conseguenti patologie ereditarie. Ciò però non è stato mai dimostrato nell'uomo. Neanche a seguito delle esplosioni delle bombe atomiche di Hiroshima e di Nagasaki, quando un gruppo molto esteso di persone è stato irradiato (si parla di circa 120.000 individui), è stato possibile dimostrare effetti ereditari, in quanto le evidenze epidemiologiche riportano che tra genitori esposti e genitori non esposti l'incidenza di malattie genetiche nei figli è praticamente la stessa. Il rischio relativo è uguale ad uno.

Le malattie teratogenetiche, invece, sono un'altra cosa. Sono quelle patologie che insorgono nei bambini per lo più a seguito del processo di irradiazione *in utero*. In questo caso sono state evidenziate malformazioni anche nella specie umana, in particolare se l'esposizione avviene durante i primi due mesi di gravidanza, durante i quali si ha l'organogenesi, cioè la formazione degli organi e degli apparati nell'embrione.

PRESIDENTE. Mi scusi se la interrompo. La disposizione che le autorità di alcuni Stati hanno dato ai militari che sono stati presenti nei luoghi in cui è stato anche solo possibile essere esposti all'uranio impoverito, quella cioè di astenersi dall'aver figli per i tre anni successivi al congedo (una disposizione che pare sia stata data anche ai nostri militari) rappresenta quindi un puro criterio di prudenza?

TRENTA. È un criterio che rientra nell'ambito di quella prassi di precauzione che nel campo della radioprotezione si traduce nell'espressione «linearità senza soglia» tra esposizione e probabilità di incidenza di questo tipo di malattie.

PRESIDENTE. Per noi è interessante sapere che questo criterio è stato applicato anche in assenza di prove evidenti. Quando si tratta di esseri umani bisogna usare una notevole prudenza.

ZUCCHETTI. Riguardo alla possibile insorgenza di effetti genetici dovuti all'uranio, volevo segnalare che vi sono studi abbastanza recenti, effettuati su minatori di cave di uranio in Namibia, i quali hanno evidenziato un aumento significativo della frequenza di aberrazioni cromosomiche, ovverosia della possibile insorgenza di effetti genetici. La concentrazione di uranio nelle urine di tali minatori risulta essere sei volte più alta del normale ed è stata osservata anche una riduzione della concentrazione di alcuni elementi nel sangue. Poiché in questo caso il contributo del radon – che di solito è quello principale – sembra essere trascurabile, gli autori non escludono un effetto legato alla genotossicità dei composti dell'uranio. Quindi, l'uranio di per sé, oltre agli effetti di tipo radiologico, può avere anche effetti di tipo genotossico. Ciò spiega la precauzione adottata nel raccomandare ai militari di non avere figli per tre anni dal congedo.

Voglio ricordare quanto è già noto, cioè che tra le varie manifestazioni della cosiddetta sindrome del Golfo nei militari che sono tornati dalla guerra del Golfo del 1991 vi è anche l'insorgenza di gravi malformazioni genetiche nei concepiti. Che ciò sia dovuto alla tossicità chimica o radiologica dell'uranio o ad altre cause è ancora da accertare. Comunque, quanto è successo ai ragazzi tornati dal Golfo nel 1991 induce alla più grande prudenza.

MINERVINI. Signora Presidente, vorrei dare il mio contributo tramite una presentazione articolata. Da esperto di balistica vorrei spiegare come e dove possiamo trovare il materiale oggetto dell'inchiesta e come possiamo riconoscerlo sul campo, perché per noi balistici la cosa più importante è il riconoscimento morfologico e l'utilizzo dell'uranio impoverito. Sicuramente i dati che riporterò nella mia presentazione potranno essere corretti dagli illustri professori qui presenti, che saranno molto più precisi di me, però vorrei provare a fare una presentazione con il supporto di alcune diapositive, anche perché vorrei mostrarvi alcune immagini che possono, per così dire, farci osservare la «scena del crimine». È un sistema che uso in sede giudiziaria per far capire, in modo possibilmente semplice, dove e cosa dobbiamo andare a cercare.

PRESIDENTE. Per noi va benissimo, perché abbiamo molti indizi su chi sia l'imputato, ma non riusciamo mai a catturarlo.

MINERVINI. Come si evince dalla presentazione e dagli incarichi che in essa vengono elencati, da tempo mi occupo di balistica. In questo ambito ho lavorato per numerose procure, tra cui quella di Lecce, con la quale ho recentemente collaborato riguardo al caso della morte di un pilota di carro armato Ariete. Si è verificato un incidente presso un poligono

di tiro, nel corso di un'esercitazione, che ha visto l'utilizzo di una tipologia di munizionamento simile a quella all'uranio impoverito, considerato che nei nostri poligoni non si fa uso di questo materiale.

PRESIDENTE. Lo stesso si può dire per coloro che effettuano *test* nei nostri poligoni?

MINERVINI. Questo non lo posso dire, ma su tale aspetto mi soffermerò più avanti.

In primo luogo mi sembra importante precisare che cosa è la balistica: essa è quel ramo della fisica che studia il moto dei proiettili, così come si osserva anche nell'immagine. La balistica si suddivide in interna, esterna e terminale. La prima studia i fenomeni che accadono dal momento della percussione dell'innesco della cartuccia – in cui si ha un rilascio di sostanze – fino al momento in cui il proiettile esce dalla bocca dell'arma; la balistica esterna studia il calcolo di gittata di ogni genere, sia per proiettili di piccolo calibro che di artiglieria; la balistica terminale, infine, studia il comportamento del proiettile sul bersaglio. La balistica forense è invece l'area che si occupa dei fenomeni balistici legati a fatti criminali, o ritenuti tali, ove, oltre all'arma da fuoco, si ha a che fare con materiale esplosivo ed incendiario.

Nell'immagine seguente è riportata la foto di un frammento di uranio impoverito visto al microscopio. L'uranio impoverito, del quale hanno già ampiamente parlato i professori Trenta e Zucchetti, è la scoria del processo di raffinazione volto ad ottenere l'isotopo U235 per scopi militari o civili dall'U238 naturale; la coda dell'U235 con 0,2-0,4 per cento di radioattività, che per motivi economici non conviene estrarre, dato che negli anni è aumentata la disponibilità di minerale naturale; la «scoria» di questa lavorazione viene conservata sotto forma di esafluoruro di uranio (UF6) e crea notevoli problemi per la conservazione e lo stoccaggio, da ciò la ricerca di un uso alternativo.

PRESIDENTE. Per uso alternativo che cosa intende?

MINERVINI. Purtroppo il problema è controllare chi utilizza certe cose. Noi diciamo sempre che è un'arma, ma un'arma può essere considerata positivamente o negativamente a seconda dei punti di vista.

Caratteristiche dell'uranio impoverito sono l'elevata densità, pari a 19 grammi per centimetro cubo (1,7 volte superiore a quella del piombo) e la proprietà piroforica, ovvero l'accensione spontanea di questo minerale quando è finemente polverizzato. In pratica, al momento dell'impatto del perforatore su una corazza il pulviscolo si incendia e questa è la ragione per cui viene utilizzato a scopo bellico.

L'uranio impoverito può quindi essere utilizzato come sottoprodotto del processo di produzione del combustibile per reattori nucleari, ma anche nell'industria aerospaziale e negli impianti estrattivi petroliferi. Ho lavorato cinque anni in Africa nei pozzi di estrazione dell'ENI e, sulla base

di questa mia esperienza, credo che sarebbe assai interessante analizzare i casi di chi vive per anni a contatto con questi materiali. Sembra infatti che, proprio in virtù della sua durezza, l'uranio impoverito venga utilizzato in tutto il mondo per le perforazioni finalizzate alle estrazioni petrolifere. L'uranio impoverito viene altresì impiegato nei rotori giroscopici ad alte prestazioni e negli *yacht* da competizione come contrappeso.

PRESIDENTE. Mi risulta che sia stato utilizzato come contrappeso anche nelle ali degli aerei

MINERVINI. Esatto. Un utilizzo ulteriore è quello nell'industria bellica, non solo in termini di munizionamento, ma in generale nell'ambito degli armamenti e quindi come contrappeso negli aerei, ma anche come elemento di un carro armato o di un elicottero.

Nell'industria bellica tra gli anni Sessanta e Settanta l'uranio impoverito trova la destinazione d'uso principale come perforatore cinetico in munizioni del tipo APDS, APFSDS e via dicendo. Come perforatore si possono utilizzare due sistemi: uno è dato dall'esplosione di una carica che, concentrata in una carica cava, crea una perforazione all'interno del mezzo o dell'obiettivo corazzato; l'altro prevede l'uso di un perforatore cinetico, ovvero di un pezzo di acciaio che, lanciato ad una velocità elevatissima, tale da ottenere un impatto di quasi 50 tonnellate su un carro del peso ad esempio di 45 tonnellate, produce effetti devastanti.

L'uranio impoverito, adeguatamente legato e temperato al titanio allo 0,75 per cento a 850 gradi, assume caratteristiche pari o superiori agli acciai HSS per utensili con una forza tensile superiore a 1.600 MPA.

L'antagonista dell'uranio impoverito è sempre stato il tungsteno, il cui utilizzo però, a confronto, risulta decisamente più costoso, senza contare che la densità dell'uranio impoverito lo rende molto più efficace contro le corazze rispetto al tungsteno monocristallino.

Attualmente la quantità di uranio impoverito stoccata sarebbe superiore a 6 milioni di tonnellate, di cui 5 milioni nell'ex Unione Sovietica e in Paesi con la stessa industria bellica quali la Cina, l'Iran e il Pakistan. Abbiamo potuto sperimentare questo dato direttamente sul terreno. Ad esempio, nella foto si osserva un ordigno (nello specifico una bomba preformulata), che nelle note caratteristiche incise riporta dei caratteri cinesi, i quali ovviamente ne segnalano la provenienza. Ciò sta a significare che per noi non è possibile controllare o avere informazioni sulla produzione bellica di alcuni Paesi.

PRESIDENTE. Non esistono commissioni di controllo sull'applicazione dei patti internazionali in materia di controllo della produzione nucleare?

MINERVINI. Spesso non siamo a conoscenza dei dati. Ad esempio, per quanto riguarda la Cina, se non abbiamo la possibilità di recarci sul posto o di esaminare un oggetto che magari è stato venduto ad un altro

Paese che non fa parte o non è allineato con i Paesi della NATO, noi non siamo in grado di sapere...

PRESIDENTE. Quando dice «noi» a chi intende riferirsi?

MINERVINI. Alla NATO, all'Italia. Molte volte i nostri operatori sul terreno non riescono ad identificare alcuni oggetti.

PRESIDENTE. Per «noi» intende la NATO?

MINERVINI. Sì.

PRESIDENTE. Ma l'Italia ne produce? Ne possiede?

MINERVINI. No, in questo momento non ne possiede. Ultimamente ho lavorato come consulente per alcune industrie e mi risulta che al momento l'Italia non produce materiali con uranio impoverito. Esistono comunque dei sistemi per poterlo individuare. Abbiamo parlato di una collaborazione con il Ministero della difesa; nulla ci vieta di controllare i contratti di acquisto dei nostri materiali, nei quali sono riportate delle specifiche ben precise. Di certo l'azione congiunta di balistici ed altri esperti può consentire di controllare la situazione.

VALPIANA (RC-SE). Lei ha affermato che «noi», intesi come NATO, non produciamo proiettili all'uranio impoverito.

MINERVINI. No, non come NATO, come Italia, perché della NATO fanno parte anche altre nazioni.

VALPIANA (RC-SE). Infatti, io volevo sapere degli Stati Uniti.

MINERVINI. La precisazione è dovuta: l'Italia per ora non produce proiettili di questo tipo.

VALPIANA (RC-SE). Queste armi sono stoccate nelle basi statunitensi presenti in Italia, per quello che ci è dato sapere?

MINERVINI. Questo non lo so.

PRESIDENTE. È la stessa risposta del direttore della base di Aviano, che è italiano, il quale, quando una delegazione parlamentare gli chiede se nella base sono stoccate armi atomiche, risponde «non so».

ZUCCHETTI. A proposito di questo punto vorrei precisare che anche la Gran Bretagna possiede e ha testato ordigni all'uranio impoverito. Inoltre, esistono risultanze che armi all'uranio impoverito possono essere stoccate e sono state testate presso il poligono di Salto di Quirra, in Sardegna.

MINERVINI. È stato pubblicato un documento inglese che fa riferimento all'uranio impoverito e alle precauzioni da assumere nei confronti di questo materiale.

ZUCCHETTI. Vorrei innanzitutto ringraziare la Presidente e tutti i componenti della Commissione per l'invito che mi è stato rivolto. Ho preparato una piccola relazione, intitolata «Tossicità radiologica dell'uranio impoverito», che ho consegnato alla Presidenza.

Il primo aspetto di cui desidero occuparmi è il problema dell'esposizione all'uranio impoverito. Come è noto, l'uranio impoverito ha una radioattività specifica molto bassa. Certamente se le persone esposte venissero a contatto con altri isotopi, quali cesio, iodio o altri radionuclidi, a minor tempo di dimezzamento e in pari quantità di peso, la dose ricevuta sarebbe maggiore. Da questa bassa radioattività specifica si pensa che possa essere trascurabile la radioattività dell'uranio, cosa che invece cercherò di dimostrare non essere vera. Non è infatti corretto ragionare solo in termini di tempo di dimezzamento e di tipo ed energia delle particelle; devono anche essere considerati gli aspetti ambientali, che riguardano la ricaduta al suolo delle polveri e dei residui incombusti o inesplosi, che a lungo andare possono contaminare le catene alimentari.

Nonostante le sue caratteristiche chimiche di metallo pesante, la profondità a cui l'uranio penetra nei terreni è di circa 30 centimetri, per cui le particelle possono anche venire risollevate dal punto di deposito, dando luogo al fenomeno della cosiddetta risospensione. Voglio porre l'accento sulla risospensione perché rappresenta una situazione anche più pericolosa rispetto al rilascio iniziale. In tutte queste varie modalità l'uranio impoverito può contaminare il suolo, la vegetazione, le falde acquifere ed entrare nella catena alimentare.

Per quanto riguarda la sua pericolosità radiologica, esistono due modalità con cui si può venire a contatto con un radionuclide: l'irradiazione esterna e l'irradiazione interna. Nel caso dell'uranio impoverito possiamo trascurare la prima perché, a parte casi particolari, non ha rilevanza per i nostri fini. Invece, per quanto riguarda l'irradiazione interna, la radiazione alfa è sorgente di elevata morte cellulare e danno cromosomico se immessa all'interno del corpo. Inoltre, vorrei far presente come il numero delle particelle alfa che riescono a sfuggire alla particella di uranio impoverito dipenda fortemente dalle dimensioni del frammento: più la particella di uranio è piccola più è efficiente nel somministrare dose radiologica al soggetto esposto che lo abbia inalato o ingerito. L'uranio che rimane insolubile viene depositato nei bronchi ed emette particelle alfa che colpiscono le cellule basali. Il rischio legato a questo tipo di esposizione è quello del tumore dovuto agli effetti stocastici ritardati della dose interna ricevuta. Quindi, è importante rilevare come per esposizione interna, soprattutto di polveri di piccola dimensione e di piccola entità, sia possibile ricevere dosi interne. Questo, anzi, è un meccanismo molto probabile.

Vorrei ora affrontare l'aspetto della maggiore esposizione e dei rischi per i militari. A causa delle loro abitudini e del loro dovere le occasioni e le modalità dell'esposizione per i militari sono maggiori rispetto alla popolazione normale.

PRESIDENTE. Tranne in caso di bombardamenti sui centri abitati.

ZUCCHETTI. Certo. Questo proprio perché l'esposizione avviene direttamente sui luoghi del rilascio delle sostanze in questione, sia in caso di guerra che di post-guerra, cioè del cosiddetto *peace keeping*, come osservato nei conflitti in Iraq e nei Balcani, sia anche nelle presumibili esercitazioni in cui sarebbe testata l'efficacia di queste armi.

Alcuni militari che possono essere esposti a questi fenomeni sono gli elicotteristi (che risolleivano dal terreno un'ingente quantità di polvere) oppure i costruttori di installazioni da campo o di alloggiamenti militari, gli addetti allo sgombero e alla «pulizia» dei campi di battaglia o di esercitazione, i cosiddetti liquidatori che risultano essere il gruppo a rischio maggiore.

Ho riferito nel rapporto evidenze molto chiare del fatto che la pericolosità dell'uranio impoverito era nota sin dai primi anni Novanta presso l'esercito degli Stati Uniti e gli eserciti internazionali. Le pubblicazioni al riguardo sono numerose (di queste ho riportato qualche estratto) e dimostrano appunto che l'uranio impoverito era ritenuto molto pericoloso fin dai primi anni Novanta.

Vorrei rapidamente confrontare la tossicità chimica e la tossicità radiologica dell'uranio impoverito. Si tratta infatti di un punto su cui credo vi sia qualche dubbio.

La tossicità chimica dipende per lo più dalla sua solubilità nei mezzi biologici. Quindi, più i composti sono solubili più sono tossici dal punto di vista chimico. Gli ossidi di uranio (UO₂, UO₄, U₃O₈) sono scarsamente solubili e difficilmente trasportabili, pertanto la loro tossicità chimica è da ritenersi limitata. Il rene è ritenuto l'organo-bersaglio principale dell'azione tossico-chimica dei composti solubili dell'uranio. Gli studi di nefrotossicità di maggiore interesse in tal senso riguardano soprattutto le esposizioni occupazionali ad alcuni derivati dell'uranio fortemente solubili. Al contrario, per le esposizioni occupazionali a derivati fortemente insolubili (ad esempio, l'UO₂) non sono stati evidenziati danni renali. Infatti, per quanto riguarda i reduci della guerra del Golfo, in nessun caso sono stati riscontrati segnali di disfunzioni renali, né acuti né cronici. Quindi, l'uranio impoverito nella forma ossidata ha una tossicità chimica relativamente limitata.

Per quanto riguarda la radiotossicità, l'esposizione più pericolosa è quella interna, per inalazione o per ingestione. Le particelle insolubili di uranio impoverito si depositano infatti nei polmoni e ci restano per lunghissimo tempo. L'effetto stocastico provato dell'esposizione alle radiazioni è l'induzione di cancro. Il limite annuale per la popolazione nel

suo insieme (1 millisievert all'anno) corrisponde ad un'inalazione di circa 8 milligrammi di uranio impoverito.

Ho già parlato della genotossicità, su cui quindi non mi soffermo oltre. Voglio invece segnalare che vi sono evidenze sempre più consistenti che la radioattività dell'uranio impoverito possa causare alle cellule umane danni più gravi di quanto si supponesse. La radioattività di basso livello dell'uranio impoverito potrebbe danneggiare cellule adiacenti a quelle direttamente irradiate. Questo fenomeno, conosciuto come «effetto spettatore», mina la stabilità del sistema genetico del corpo umano e da molti scienziati è ritenuto collegato al cancro ed ipoteticamente ad altre malattie. L'irraggiamento a basse dosi da particelle di uranio sembra un perfetto candidato per evidenziare l'importanza dell'«effetto spettatore». In sostanza, le particelle alfa hanno una forte potenzialità di provocare questo effetto e quindi la tossicità radiologica delle particelle di uranio potrebbe essere maggiore di quanto stimato dai normali modelli.

Passando ad altro tipo di tossicità, vorrei fare presente che, vista la componente fine ed ultrafine delle polveri di uranio impoverito e vista la tossicità chimica e radiologica, la contaminazione ambientale da ossidi di uranio di origine militare può avere tossicità sia chimica che radiologica: deve essere valutato l'effetto sinergico di queste due componenti. In altre parole, la radioattività e la tossicità chimica dell'uranio impoverito potrebbero agire insieme, creando il cosiddetto effetto *cocktail* che aumenta ulteriormente il rischio. È pertanto necessaria un'ampia riconsiderazione dei modelli di stima del rischio in caso di inalazione di polveri radioattive alfa-emettitrici e con tossicità chimica e di granulometria fine.

Per quanto riguarda gli effetti sanitari dell'uranio impoverito, vi sono evidenze di esposizione a carico dei linfonodi del mediastino con linfomi di Hodgkin e non-Hodgkin. Il linfoma di Hodgkin è stato riconosciuto tra le malattie degenerative causate da esposizione ad uranio a seguito di studi su esposti all'uranio in ambiente di lavoro. Alcuni studi, infatti, rilevano la relazione tra linfoma di Hodgkin e presenza nell'ambiente di lavoro di uranio, come ad esempio impianti di lavorazione e processamento. Inoltre, tale relazione è stata riscontrata anche per l'uso massiccio dell'uranio impoverito avvenuto negli ultimi conflitti, ad esempio tra i militari iracheni, statunitensi e britannici della guerra del Golfo, con picchi dopo un quinquennio dall'esposizione e l'insorgenza oltre che di forme tumorali anche di gravi malformazioni genetiche nei concepiti.

Il linfoma di Hodgkin è una forma tumorale aspecifica che potrebbe essere presente in maniera statisticamente significativa tra i militari per l'esposizione ad agenti mutageni. Il sistema immunitario, esposto a più fattori stressanti contemporaneamente, tra cui l'esposizione all'uranio impoverito a basse dosi, potrebbe aver reagito con queste forme tumorali.

Infine, ho preparato una rassegna riassuntiva di lavori sugli effetti dell'inalazione di polveri da uranio. Dopo circa 60 anni disponiamo di molti dati riguardanti i lavoratori professionalmente esposti alle radiazioni ionizzanti dell'industria nucleare bellica e civile. Restringendoci al caso dell'inalazione di polveri di uranio, sottolineo che l'uso di tali polveri è

molto comune nell'industria nucleare; si tratta, quindi, di un ambito ampiamente studiato nel corso degli anni, nel settore dell'igiene industriale, specialmente negli Stati Uniti e nel Regno Unito.

Vi sono studi che indicano un aumento di patologie tumorali per i lavoratori nell'industria di preparazione del combustibile nucleare. Tale aumento è associabile all'esposizione a polveri di uranio per inalazione. Molti studi in particolare rilevano un'alta incidenza di tumori ai polmoni e di linfomi di Hodgkin e non-Hodgkin. Altri lavori rilevano un eccesso significativo di tumori linfatici ed emopoietici, esclusa la leucemia, in lavoratori delle fabbriche di combustibile, in corrispondenza ad individui con concentrazioni elevate di uranio nelle urine.

Desidero richiamare la vostra attenzione sul fatto che c'è molta letteratura in quanto le polveri di uranio sono molto comuni nell'industria nucleare. Vi sono polveri di uranio ossidate, la cui tossicità chimica è abbastanza relativa; inoltre, la granulometria è abbastanza grossa e quindi anche gli effetti dovuti alle nanoparticelle non sono presenti. In questo caso, l'unico effetto possibile è quello radiologico e dunque la radioattività dell'uranio impoverito non è assolutamente da trascurare, come viene confermato dall'ampia letteratura sulle polveri di uranio.

Concludo qui anche per non sottrarre troppo tempo ai colleghi, ma sono ovviamente a disposizione per eventuali domande.

MINERVINI. Riprendendo il mio intervento, richiamo la foto mostrata in precedenza: come si vede, gli ordigni all'uranio impoverito con dicitura in cinese sono diversi. Il munizionamento sovietico è ancora in fase di studio. Per quanto riguarda quello rinvenuto in Albania, sottolineo che non esistono produzioni albanesi, ma esiste una fornitura fatta dalla Cina all'Albania. Non sappiamo quale sia il materiale del perforatore centrale: c'è un grande stoccaggio di materiali di cui non conosciamo l'origine.

PRESIDENTE. Mi sembra di capire che anche sui nostri munizionamenti non sappiamo niente.

MINERVINI. Per quanto riguarda l'Italia, non sappiamo se abbiamo acquistato o no munizionamenti all'uranio impoverito. Immagino che la Commissione chiederà delucidazioni al Ministero della difesa. Il problema è che molte volte andiamo su teatri in cui è stato utilizzato altro materiale oltre a quello lanciato dalla NATO, che conosciamo (gli americani hanno detto «sì, questo è il mio proiettile all'uranio impoverito», gli inglesi hanno fatto lo stesso) e che possiamo studiare. Non riusciamo a studiare il materiale utilizzato dagli altri Paesi, che lo hanno prodotto ma non ci hanno detto che cosa hanno utilizzato. Se andiamo a vedere, alla fine analizziamo sempre il nostro.

PRESIDENTE. Questo riguarda più una partita che interessa lei, perché per noi è relativamente indifferente.

MINERVINI. Certo, ma da qui volevo arrivare a far capire quante volte alla fine i nostri soldati, che sono sul terreno, vengono in contatto con le particelle residue di materiali di altri Paesi, il che è fondamentale.

In merito al funzionamento del munizionamento ho fatto riferimento al PGU-14 API (*Armour Piercing Incendiary*). Quando il proiettile attinge il bersaglio, il penetratore impatta sulla corazza provocando effetti di perforazione, dati dall'imponente quantità di energia cinetica accumulata in relazione all'elevata densità e, nel contempo, si polverizza, trasformandosi in una miriade di particelle incandescenti che a contatto dell'ossigeno atmosferico aumenta massivamente l'effetto distruttivo. Per quanto riguarda il comportamento all'impatto ci sono dati un po' contrastanti, ma sostanzialmente si calcola che, dopo l'impatto, le particelle incendiate e ossidate si spargono in un raggio compreso tra i 50 e i 100 metri.

Nei Balcani – questo è un dato abbastanza interessante – sono stati sparati dagli aerei A10 (cioè dagli Stati Uniti) 31.000 proiettili all'uranio impoverito, per un totale di circa 10 tonnellate. Il 90-95 per cento di tali proiettili non ha colpito i bersagli corazzati a cui erano destinati e, non incendiandosi, sono penetrati nel terreno senza rilasciare particelle. Quindi, il 90-95 per cento di questi proiettili nei Balcani è rimasto nel terreno. Chi meglio di loro può studiarli? Da buon balistico posso dire dove sono, possiamo identificarli, ma poi sta ad altri esperti studiarli.

PRESIDENTE. Nel bombardamento della fabbrica della Zastava di Kragujevac i bersagli sono stati colpiti. Non erano bersagli corazzati, ma sono stati colpiti.

MINERVINI. Certo, ma non dimentichiamo che la Zastava produceva armi.

PRESIDENTE. A me non importa cosa producesse; era la più grande fabbrica di automobili, una fabbrica IVECO. Se poi era stata trasformata...

MINERVINI. Certo, ma bisogna vedere a quel punto se l'effetto dei proiettili lanciati va a sommarsi con quelli eventualmente stoccati *in loco*, con un effetto doppio.

PRESIDENTE. Noi sappiamo soltanto che il giorno dopo il bombardamento gli operai sono entrati nella fabbrica per vedere se era possibile salvare qualcosa. Mi sembra difficile che non sapessero che stavano producendo armi se sono andati così, a mani nude. Si sono ammalati e sono morti moltissimi operai della Zastava. Comunque chiederemo alla Serbia che ci dia notizie in merito.

MINERVINI. Nell'immagine successiva che sto proiettando possiamo vedere un carrista americano che sta caricando il cannone all'interno del carro. È importante osservare che all'interno dei carri armati, degli aerei, degli elicotteri vi sono anche altre azioni radioattive, che possono venire,

ad esempio, dalle bussole così come da altri oggetti destinati all'equipaggiamento. Perciò oltre al penetratore vero e proprio, occorre considerare anche altri oggetti di uso comune.

La stragrande maggioranza delle informazioni viene da coloro che hanno prodotto munizionamento ad uranio impoverito all'interno della NATO, ma abbiamo dati anche sulla Cina, sulla Russia e sul Pakistan.

Nelle immagini al centro e a destra della diapositiva proiettata ora sono ritratti due carristi americani che stanno alimentando il proprio carro con munizionamento all'uranio impoverito. Nella foto a sinistra mi vedete in un poligono mentre sto aprendo un tipo di munizionamento molto simile a quello ad uranio impoverito. Ho inserito questa immagine perché, insieme a un mio collaboratore chimico, ho analizzato il bossolo che lanciava questo munizionamento: nulla ci vieta di andare a fare uno studio sulla tossicità anche del combustibile che può aggiungersi a quella del munizionamento. Tra l'altro, quel tipo di munizionamento è quello più utilizzato nei poligoni. Siccome ho personalmente sparato 40 di quei colpi e li ho analizzati tutti, mi chiedo: il combustibile può rappresentare una concausa? È possibile andare ad analizzare anche questo elemento?

PRESIDENTE. Sicuramente sì. La Commissione è autorizzata, ha titolo per occuparsi dei poligoni.

MINERVINI. Abbiamo tantissimi ragazzi che hanno svolto il servizio militare, i quali, nell'arco dei 12 mesi, tolti i giorni di festa e di licenza, può darsi siano stati esposti a simili combustioni per un periodo di sei mesi. Poiché mi stavo intossicando anch'io durante lo svolgimento dei *test*, oltre a notare una forte tossicità (sono combustibili prodotti dalla Germania, tra l'altro), possiamo cercare di capire se l'utilizzo di questo tipo di propellente può comportare degli effetti. Nulla ce lo vieta. Personalmente ho sparato 40 di questi colpi: tra cinque anni non so cosa succederà.

PRESIDENTE. Auguri, di cuore.

MINERVINI. Grazie. Passiamo ora a parlare degli effetti sul terreno. Nelle immagini che vi sto mostrando li possiamo vedere direttamente. Nel primo caso abbiamo come obiettivo un centro di controllo: il proiettile si avvicina e l'effetto finale è immaginabile. Nel secondo caso abbiamo un effetto *cluster*: la parte puntiforme dell'immagine è costituita dai vari subproiettili che si disperdono. Questo è il motivo per cui su cento proiettili sparati uno va a bersaglio; gli altri producono un effetto diverso, cioè quello di distruggere il terreno. Per spiegarvi meglio: è un po' come quando si va a caccia.

PRESIDENTE. La rosa dei pallini.

MINERVINI. Esattamente, l'effetto è lo stesso: un pallino colpisce il bersaglio, tutto il resto viene disperso nell'ambiente.

Nelle immagini successive l'obiettivo è la postazione di una televisione (si vede l'antenna): l'obiettivo si avvicina fino a quando non viene colpito. C'è poi l'effetto classico su un obiettivo rappresentato da un mezzo corazzato: l'acciaio, il perforatore che si autoincendia e l'esplosione con la parte che si espande.

Oltre a quello attivo esiste anche un uso passivo dell'uranio impoverito. Tale materiale, infatti, viene utilizzato come componente per rinforzare le corazze, inserendolo come *wafer* nei normali acciai. Gli americani lo hanno usato nei carri armati ABRAMS M1. In questo modo la corazza diventa più resistente all'attacco di un altro perforatore.

PRESIDENTE. Nel caso in cui il perforatore ce la faccia, anche lì aumenta l'effetto?

MINERVINI. Certamente. Quello che vi mostro ora è ciò che io definisco un *maybe*. Ci sono state delle situazioni un po' strane nel *liner*, cioè nel contenitore delle cariche preformate. In sostanza, non dobbiamo più guardare soltanto nel perforatore che arriva sulla corazza, ma anche nel contenitore dell'ordigno, cioè in quella che era la vecchia carica cava; dobbiamo considerare cosa comporta l'esplosione e, quindi, un'ossidazione dell'uranio e il lancio del getto. In questo caso mi sono servito di una carica EFP, ovvero dello strumento più semplice da usare, cioè quello che abitualmente viene utilizzato nei vari scenari dai terroristi per i loro attacchi, dove il *liner* può essere un contenitore all'uranio impoverito.

L'immagine seguente riporta le tracce trovate sul terreno, ovvero i cosiddetti petali o bicchieri, che sono stati trovati anche nella fabbrica della Zastava bombardata in Serbia. Come si noterà il perforatore ha una forma allungata ed affusolata e le tracce di ossidazione sulla punta segnalano l'avvenuta autoaccensione.

Un ulteriore aspetto da considerare è l'impatto del proiettile, il quale costituisce anche l'elemento fondamentale dell'indagine che gli osservatori devono condurre sul terreno. Dal tipo di cratere sulle corazze è, infatti, individuabile l'utilizzo di metallo *soft* (se il foro è circondato da linee a raggiera) o di metallo duro (quando invece il foro è circondato da alone di ritempra). In una delle foto si può osservare un carro armato T-55 colpito da un proiettile all'uranio impoverito in Iraq. In casi del genere, date le capacità piroforiche dell'uranio impoverito, sulla parte colpita è normalmente presente traccia dell'incendio sotto forma di deposito di ossido di uranio di colore nero opaco-dorato, oppure nero-verdastro, ed è inoltre rilevabile la caratteristica traccia radioattiva.

Sempre relativamente alla documentazione consegnatavi, mi sono permesso di fornire un *project*, ovvero di ipotizzare quale potrebbe essere l'apporto della balistica in questa fase. Nello specifico mi riferisco alla balistica applicata alla ricerca dei materiali d'armamento contenente uranio impoverito. Infatti, come già osservato, non va considerata solo la parte

attiva, ovvero il munizionamento, ma anche quella passiva. La ricerca va suddivisa in aree dove raccogliere informazioni e dati da analizzare in fasi di studio più avanzate di tipo «*step by step*».

La diapositiva seguente riproduce il sottoscritto mentre spara in un poligono durante un'esercitazione. Il piccolo trattino bianco posizionato dopo il fuoco è il proiettile che abbandona il carro armato. Questa sperimentazione si è svolta in Puglia, ma l'indagine potrebbe comprendere tutti quei poligoni idonei all'uso di calibri superiori allo 0,50, in quanto non avrebbe molto senso analizzare luoghi in cui si utilizzano calibri inferiori. In questo caso, quindi, gli esperti di balistica si recano direttamente sul terreno per raccogliere gli indizi.

PRESIDENTE. Vedo che l'indagine riguarderebbe i poligoni della Sardegna e della Puglia.

MINERVINI. Sì, ci sono vari poligoni in Sardegna. In Puglia le esercitazioni si svolgono nel poligono di Torre Veneri, in provincia di Lecce.

VALPIANA (RC-SE). Nel Nord Italia vi sono poligoni in cui è possibile effettuare esercitazioni di questo tipo?

PRESIDENTE. C'è quello di Aviano. Ve ne sono anche altri?

MINERVINI. Sì, c'è quello di Aviano. Per quanto riguarda gli altri poligoni credo che il lavoro di accertamento vada effettuato in senso contrario, cioè andando a chiedere al Ministero della difesa quali sono i poligoni in cui è possibile sparare proiettili di calibro superiore allo 0,50. Una volta fornite queste informazioni potremmo andare direttamente a verificare la situazione nei siti.

Un altro sistema di indagine consiste nell'analisi dei materiali d'armamento che nei teatri di operazione vengono sequestrati, distrutti o importati per scopi didattici. Tali materiali possono essere accentrati e studiati al fine di conoscere le aree a rischio o i materiali e i mezzi in uso ad alto rischio e il loro smaltimento (fornelli per lo smaltimento di ordigni, strumenti di navigazione e combattimento). La fotografia riproduce materiali sequestrati in Kosovo. A questo riguardo, a mio avviso sarebbe importante che, prima della loro distruzione, si verificasse che cosa contengono tali materiali, perché raccogliarli in una buca e farli saltare senza sapere che cosa ci si appresta a far esplodere significa rischiare di provocare altri danni.

PRESIDENTE. Certamente, perché potrebbero contenere di tutto.

MINERVINI. Un altro elemento di indagine a mio avviso particolarmente importante è l'esame dei fogli matricolari. Credo infatti che l'individuazione degli incarichi ricoperti, dei luoghi e dei tempi frequentati durante il servizio costituisca un aspetto fondamentale.

Mi è capitato di leggere un articolo, pubblicato sul quotidiano «La Nazione» lo scorso 3 aprile 2007, in cui veniva riportata una dichiarazione di un militare dell'Aeronautica militare di Siena il quale che afferma di essersi ammalato di tumore dopo aver raccolto ordigni per sette mesi. Ripeto, a fronte di situazioni di questo tipo, credo sia opportuno analizzare i fogli matricolari – per verificare gli incarichi e i tempi di esposizione – e, contemporaneamente, i libretti sanitari. Ritengo infatti che un esame di quanto gli altri ospiti hanno prima riferito in merito alle vaccinazioni e ai tempi in cui si è svolto un certo tipo di lavoro possa aiutarci a capire le sostanze con cui i militari sono venuti in contatto. Faccio un esempio: se la persona che si ammala di tumore ha svolto mansioni di cuciniere, rimanendo nello stesso posto per anni, probabilmente la causa della sua malattia va ricercata in un'altra direzione e un contributo in tal senso può essere dato dallo *screening* del suo foglio matricolare, attraverso il quale è possibile ricostruire la sua storia.

PRESIDENTE. Posso assicurare che una volta entrati in possesso di questi dati li consegneremo all'Istituto superiore di sanità.

MINERVINI. È importante che tali dati vengano analizzati da chi sa leggere alcuni elementi legati agli incarichi svolti dai militari, attraverso quella che definisco la «sfaccettatura d'indagine». Tanto per fare un esempio, forse non tutti sanno che nelle aree internazionali d'impiego del nostro personale impegnato in missioni estere (questo vale naturalmente anche per il personale di altre nazioni) esistono aree addestrative (tra cui i poligoni) e di impiego reale interforze, dove è possibile utilizzare munizioni da guerra per le esercitazioni. Nella base militare di Camp Doha, in Kuwait, ad esempio, gli Stati Uniti hanno utilizzato dei materiali anche per fare sperimentazione: nulla ci vieta di andare ad analizzare questo materiale.

PRESIDENTE. Negli Stati Uniti mai naturalmente, sono pericolose.

MINERVINI. Non posso rispondere a questa domanda.

ZUCCHETTI. Forse posso rispondere io. Alla fine degli anni Settanta gli armamenti all'uranio impoverito sono stati testati presso alcune installazioni nel deserto di Yuma, negli Stati Uniti. È interessante sapere che le persone incaricate di occuparsi della destinazione delle aree interessate dalle sperimentazioni hanno concluso che era impossibile destinare quel territorio a residenza di popolazione civile senza prima procedere ad una sua decontaminazione. Questo negli Stati Uniti: non accade evidentemente la stessa cosa nei teatri di guerra dove gli Stati Uniti operano.

PRESIDENTE. A questi Paesi viene probabilmente richiesto di decontaminarsi da soli successivamente!

AMATO (FI). Questi poligoni sono realizzati anche in altre aree? Anche in Libano?

MINERVINI. Sì. Normalmente si prepara sempre un poligono perché il personale impiegato all'estero vi rimane per mesi, talvolta per anni, e anche se per fortuna non capita quotidianamente di confrontarsi con il nemico in scontri a fuoco (ovviamente l'auspicio è che ciò non accada mai). C'è comunque la necessità di continuare l'attività di addestramento.

La diapositiva che sto mostrando sintetizza un po' la storia delle missioni a cui hanno partecipato le nostre Forze armate. Nell'immagine relativa al Libano, datata 1983, il militare che compare accanto a un carro armato è mio padre ed il carro è un T-55 siriano colpito da un mezzo controcarro israeliano. Bisogna tenere presente che, all'epoca, alcuni elementi non erano stati ancora oggetto di studio. Tuttavia, esaminando la foto ed avendo studiato gli effetti dell'uranio impoverito, mi sono chiesto il motivo per cui solo una metà del carro risultasse incendiata. Purtroppo, non essendo stata scattata quella foto con finalità di indagine, essa non mostra la parte interessata dalla perforazione. Tuttavia, se andiamo ad analizzare la foto datata 2006, relativa alla missione tuttora in corso in Libano, si osserverà nel carro armato colpito (peraltro dello stesso tipo di quello riprodotto nella fotografia del 1983) uno strano effetto nella perforazione (le piccole schegge e i piccoli fori che si notano sui *cutter*). Analogo effetto si potrà riscontrare nelle foto relative, rispettivamente alle missioni nei Balcani del 1999 e in Iraq del 2006, le quali riproducono i fori prodotti dai proiettili su alcuni carri armati; attraverso tali immagini è quindi possibile fare una comparazione. Faccio peraltro notare che nella missione in Afghanistan nel 2006 sono stati utilizzati BL755, ovvero ordigni i cui *liner* contengono uranio impoverito.

Nell'ambito della fase sperimentale la balistica terminale studia l'utilizzo di vari tipi di perforatori su corazze di diversa durezza al fine di verificare la distribuzione del particolato e la comparazione degli effetti per fini identificativi e comparativi. Sfogliando vari *report* ho individuato la foto di un carro, uguale a quello fotografato da mio padre, di cui ho potuto ingrandire la parte interessata dalla perforazione; sottolineo che la foto in questione risale al 1982 e si riferisce alla missione in Libano, ovvero a quello stesso Paese in cui sono attualmente presenti le nostre Forze armate.

PRESIDENTE. Infatti, si sospetta che anche in Libano i militari siano esposti a questi rischi.

MINERVINI. In alcuni casi si può osservare perfettamente il foro di entrata del proiettile dichiarato, quindi sappiamo che il carro è stato colpito da proiettili all'uranio impoverito. In altri casi, come nell'immagine del carro in uso nei Balcani nel 1999, abbiamo difficoltà a capire se il mezzo è stato colpito da proiettili all'uranio impoverito. Lo stesso dicasi per il carro utilizzato in Libano nel 1983. A volte ci troviamo di fronte ad

un colpo di artiglieria in arrivo. In balistica si utilizzano spesso sistemi di confronto tra le varie testimonianze fotografiche per operare poi le comparazioni.

Nella foto, datata Iraq 2006, sono riprodotti gli API (ordigni ad uranio impoverito sperimentati a Camp Doha) del cui utilizzo nei poligoni il professor Zucchetti ha parlato. Si tratta di API anche nella foto relativa al Kosovo 1999. È possibile osservare la differenza tra i vari perforatori utilizzati nei diversi teatri di guerra. Non dobbiamo concentrarci su un solo tipo di perforatore, ma dobbiamo esaminare la loro varietà. È infatti importante per l'indagine balistica riconoscere i materiali morfologicamente presenti sul terreno. Inoltre, ci siamo anche trovati di fronte a bossoli presenti nei poligoni di tiro di cui non conosciamo la tossicità.

Vorrei ora proporre alcuni suggerimenti investigativi sull'analisi di documenti e materiali. Ho potuto constatare che l'utilizzo della balistica non è stato preso in considerazione dalla precedente Commissione di inchiesta. La balistica, però, può affiancarsi ad altri metodi di indagine, quali l'acquisizione dei fogli matricolari o il riconoscimento dei materiali, dei quali possono occuparsi altri soggetti, come ad esempio gli ufficiali di polizia giudiziaria, che si presentano come i soggetti più efficaci ed importanti nella ricerca della documentazione. A questi si può aggiungere un nucleo NBCR (nucleare, biologico, chimico, radiologico), che riesca a rilevare i dati radiologici e chimici in una determinata situazione. Tutte queste analisi possono insieme costituire una valida documentazione di indagine che la Commissione può decidere di utilizzare.

Credo sia importante un lavoro di *team*, in cui l'esperto balistico, in collaborazione con altri professionisti, può apportare il proprio contributo all'indagine della Commissione.

PRESIDENTE. Si può pensare di procedere ad una fusione dei vari *team*, in quanto sono molti gli aspetti da analizzare.

TRENTA. Come già ho già avuto occasione di accennare prima, la mia relazione è di carattere eminentemente tecnico-scientifico e si basa su documenti che sono riconosciuti di alto significato scientifico a livello ormai planetario. Mi riferisco, ad esempio, alla documentazione prodotta dall'ICRP (*International Commission on radiological protection*), fondata nel 1928 dal secondo Congresso internazionale dei radiologi, i quali, nell'intento di tutelare se stessi, hanno costituito tale organismo per individuare i criteri di protezione dalle radiazioni. L'ICRP ha pubblicato circa 105 volumi, tutti dedicati alla radioprotezione.

Oltre all'ICRP la mia relazione fa riferimento anche ad altri organismi, quali il NIH (*National Institutes of health*) degli Stati Uniti, omologo al nostro Istituto superiore di sanità; il BEIR (*Biological effects of ionizing radiation*), commissione dell'Accademia nazionale delle scienze degli Stati Uniti; l'UNSCEAR (*United Nations scientific Committee on the effects of the atomic radiation*), organo scientifico delle Nazioni Unite

che aggiorna periodicamente gli Stati membri circa le conoscenze sugli effetti delle radiazioni ionizzanti.

Questi ultimi vengono classificati in due raggruppamenti nosologici: il primo è relativo agli effetti deterministici, il secondo agli effetti stocastici. Non è quello dell'uranio depleto il caso in cui considerare gli effetti deterministici, in quanto questi richiedono grandi quantità di dose e quindi di massa di uranio, e non credo nessuno sia in grado di sostenere il contrario.

Gli effetti stocastici sono quelli per i quali si suppone che non ci sia soglia e che sussista una correlazione lineare tra dose ed effetti. Si tratta essenzialmente dei tumori liquidi (leucemie) e solidi. Sofferriamo pertanto l'attenzione su questo aspetto, rilevando in particolare come la patologia che sembra essere emersa in modo più evidente a seguito dell'esame condotto dalla commissione Mandelli sia il linfoma di Hodgkin. In merito, il BEIR V (1980) e l'UNSCEAR sostengono esplicitamente che il linfoma di Hodgkin non risulta compreso tra quelli radioinducibili. In particolare, l'UNSCEAR, nella pubblicazione del 2000, dedicata proprio agli effetti delle basse dosi di radiazioni, asserisce che i dati disponibili non indicano un'associazione tra il linfoma di Hodgkin e le radiazioni, sia per esposizione esterna che per esposizione interna.

Stando a queste premesse, nella mia analisi non ho considerato il linfoma di Hodgkin, ma la leucemia, una emopatia analoga al linfoma di Hodgkin che deriva da mutazioni del sistema emopoietico. La leucemia è sicuramente una patologia indotta da radiazioni ionizzanti e, inoltre, ha un breve periodo di latenza, come quello dei tumori riscontrati nei militari che hanno operato nelle zone di guerra della *ex* Jugoslavia a partire dal 1995. Questi effetti sono stati evidenziati negli anni che vanno dal 2000 al 2003.

L'uranio depleto presenta all'incirca percentuali di isotopi dello 0,001 per cento di U234, dello 0,202 per cento di U235 e del 99,797 per cento di U238. Si tratta in questo caso di uranio depleto a sfruttamento massimo, dal momento che esiste uranio contenente una percentuale dello 0,4 di U235. Lo studio di questi radioisotopi dimostra, in considerazione delle percentuali isotopiche prima illustrate, che l'uranio depleto ha un'attività specifica nell'ordine di 14,8 becquerel (Bq, l'unità di misura della radioattività) per milligrammo, quindi 14.800 Bq per grammo. Con questi dati è possibile applicare i modelli che l'ICRP propone per compiere valutazioni di dosimetria interna.

La stessa ICRP indica il coefficiente di dose impegnata, cioè la dose rilasciata all'interno dell'organismo da radioisotopi che permangono nell'organismo stesso. L'ICRP quantifica la dose impegnata indicando la dose associata all'unità di introduzione, ipotizza cioè la presenza, dopo un dato numero di anni, di una determinata quantità di dose impegnata sulla base di un certo quantitativo di becquerel introdotto. Nel caso specifico ho considerato un'esposizione acuta quale ambito peggiorativo sotto il profilo delle situazioni attese.

Un altro importante elemento da considerare nell'esposizione dell'individuo è la composizione chimica dell'uranio che viene inalato o inge-

rito. In particolare, con riferimento al polmone la classe di radiotossicità S dei composti dell'uranio, comprendente biossido di uranio, è quella che presenta i maggiori coefficienti di dose e che più plausibilmente può avere interessato i militari. Tuttavia nella situazione che stiamo analizzando si rileva un'incertezza e la stessa ICRP raccomanda di far riferimento alla classe M, che comprende altri composti chimici.

La via respiratoria, rispetto alla via dell'ingestione, rappresenta sicuramente la situazione peggiorativa. I coefficienti di dose rappresentati nella relazione riguardano alcuni organi come la milza, il timo, il midollo osseo, il rene e il polmone. Ho considerato la milza e il timo in quanto hanno certamente una certa importanza per le patologie di tipo ematologico, ma si nota anche la prevalente rilevanza del midollo per gli aspetti ematopoietici (per la produzione in particolare dei globuli bianchi, che sono quelli che aumentano in caso di leucemia), e quella del rene e del polmone.

È stata considerata la dose equivalente impegnata a 50 anni, cioè si suppone che il materiale persista nell'individuo fino a 50 anni dopo l'esposizione. Nella realtà è stata fatta, nel caso specifico, una valutazione a cinque anni, per cui è necessario comprimere la dose in un tempo più breve; ciò significa aumentare la quantità di uranio inalata per ottenere una dose pari a quella erogata dall'uranio impoverito in 50 anni.

Il modello polmonare riportato è quello cui fa riferimento l'ICRP. Questi modelli, dal punto di vista algebrico, vengono trattati come scatole nelle quali la radioattività si distribuisce con un fattore di trasferimento che è più o meno alto a seconda delle affinità tra i vari tessuti che compongono l'apparato respiratorio. In tal modo è possibile fare una valutazione quantitativa della dose che ogni distretto riesce a ricevere a seguito dell'esposizione unitaria.

Nella relazione depositata sono indicati i coefficienti di dose equivalente a cinque anni. Si considerano il midollo, il rene ed il polmone rispetto a dosi di 10, 20, 30, 40, 50 o 100 mSv e i corrispondenti valori di uranio impoverito introdotto si indicano in grammi. In particolare, per dare 100 mSv al midollo è necessario inalare 67 grammi di uranio; per il rene sono necessari 6,67 grammi e per il polmone 0,30 grammi. Come si nota, il polmone è l'organo più radiosensibile.

Un ulteriore aspetto al quale va fatto cenno riguarda la provenienza dell'uranio impoverito. Questo può derivare dalle code del processo di arricchimento, in particolare tramite centrifugazione (ma in passato tramite diffusione gassosa), o, in alternativa, dall'uranio proveniente da impianti di riprocessamento. In questo caso gli elementi di combustibile irradiati nel reattore vengono estratti e riprocessati e l'uranio viene recuperato attraverso metodi chimici; in tal caso possono esserci tracce minime (si parla di 11 parti per miliardo) di plutonio.

Come ho accennato all'inizio della mia relazione, soprattutto in medicina legale, ma anche nella pratica forense in generale, se si vuole attribuire una responsabilità ad un certo agente si fa ricorso alla cosiddetta probabilità di causa. Si tratta di una metodologia che considera l'eccesso di rischio relativo riscontrato nella popolazione in serie epidemiologiche

specifiche rapportato al rischio relativo. La probabilità di causa è data dalla seguente espressione: se al numeratore si riporta l'eccesso di rischio relativo (R) e al denominatore il rischio relativo (l'eccesso di rischio relativo e il rischio relativo sono legati tra loro dal complemento a 1), il rapporto ci dà in percentuale la forza del legame causale che c'è tra l'entità dell'esposizione e l'insorgenza del tumore. In sede assicurativa se questo valore viene ad essere superiore al 50 per cento, l'INAIL riconosce la causalità in senso medico-legale e quindi la rendita o l'indennizzo; se invece è al di sotto, la rendita o l'indennizzo non viene riconosciuto, in quanto il legame risulta troppo labile. La probabilità di causa (PC) ci dà pertanto una valutazione numerica della verosimiglianza dell'ipotesi causale.

Nel grafico è riportato l'andamento della diagnostica in funzione degli anni trascorsi dall'esposizione; è stata scelta la leucemia perché, come ho già detto, è una malattia ematologica che si manifesta con incidenza massima dopo cinque-sei anni dall'esposizione. Se si applica la probabilità di causa per la leucemia, per il tumore del rene e per il tumore del polmone, si nota che, con una dose equivalente di 100 mSv, la probabilità di causa per la leucemia è del 28,11 per cento, con un intervallo di credibilità (si parla di intervallo di credibilità e non di confidenza) del 95 per cento compreso tra il 6,73 per cento e il 49,22 per cento; quindi siamo prossimi al 50 per cento. Per il polmone la probabilità di causa è del 35 per cento, con un limite superiore di credibilità del 54,08 per cento. Questi sono i risultati dei calcoli. Credo che la cosa migliore sia confrontare questi valori con i risultati emersi dalle indagini condotte sui militari che sono stati sottoposti a varie indagini epidemiologiche, cliniche, radiochimiche e fisiche per verificare l'esistenza di una possibile correlazione con l'inalazione di uranio.

Un primo risultato è quello che deriva dall'esame effettuato al *total body counter* (TBC) presso i laboratori della Casaccia dell'ENEA. Il TBC è una struttura che scherma completamente la persona posta al suo interno dalle radiazioni di fondo naturale, all'interno del quale un rilevatore a ioduro di sodio viene posto sull'individuo per rilevare, in questo caso, i deboli picchi di energia gamma emessi dall'U235 e dall'U238, che sono rispettivamente pari a 186 keV e a 13 keV. I risultati di questa indagine, condotta su una serie numerosa di militari a cinque-sei anni dalla prima esperienza nei Balcani, ha dato risultati nulli: non risulta presente uranio al *total body counter*.

In un recente documento dell'Organizzazione mondiale della sanità dedicato alla materia appare un prospetto sulla massa di uranio impoverito che, inalata, irradia gli organi indicati. Come già rilevato, risulta il polmone l'organo con la probabilità di causa più elevata a parità di dose equivalente. Quindi, come patologia più frequente ci saremmo aspettati non la leucemia, non il linfoma, ma un tumore del polmone. Ora, tumori del genere che io sappia non ce ne sono stati, ovvero, se ce ne sono stati tra i militari che sono stati nei teatri di guerra, rappresentano una patologia di entità statisticamente confrontabile con quella cui la popolazione normale di quell'età può andare incontro. Va aggiunto che questa probabilità di causa è stata valutata senza considerare l'importanza del fumo; probabilit-

mente molti dei militari erano fumatori, come probabilmente lo siamo stati tutti quanti quando eravamo giovani. In ogni caso, non vi è un'evidenza neanche in questo senso. Nel documento dell'Organizzazione mondiale della sanità dedicato all'uranio depleto si riportano i valori che dovrebbero essere riscontrati, per esempio, al *total body counter* nel caso in cui la persona abbia inalato una certa quantità di uranio. Dal prospetto riportato si vede che, a 365 giorni dall'*intake*, la quantità di uranio che questa metodica riuscirebbe ancora ad evidenziare è pari a 2 grammi; abbiamo però visto con le valutazioni precedenti che la quantità presente nella realtà avrebbe dovuto essere ben superiore. Quindi la tecnica sarebbe stata in grado di rivelare la presenza di uranio depleto qualora ci fosse stato.

La terza evidenza che non è stata rilevata, come ricordava poco fa il collega, riguarda il rene. Anche se quello di cui parliamo è un uranio non solubile – come abbiamo visto, di classe M o addirittura S – una volta che è penetrato nell'organismo, viene metabolizzato e una parte di esso va a finire nel rene; necessariamente, di lì viene escreto e vengono poi analizzate le urine. Ebbene, se si considera la quantità di uranio che può aver interessato il comparto renale, si riscontrano valori che sono ben più alti di quelli che la letteratura internazionale indica come valore limite al di sopra del quale cominciano a manifestarsi i primi effetti di nefrotossicità, valore che è di 3 milligrammi per chilogrammo di rene. Il peso della massa renale è pari a 0,29 chilogrammi e quindi la massa di uranio che può aver interessato il rene, nella valutazione effettuata, è ben superiore al valore limite stabilito. Ne consegue che avrebbero dovuto manifestarsi segni di sofferenza renale, effetti che nessuno ha riscontrato dal punto di vista clinico.

L'ultimo elemento è quello che riguarda l'esame delle urine, che è stato condotto con una metodologia molto sofisticata, lo spettrometro di massa. Nel documento dell'Organizzazione mondiale della sanità prima citato sono riportati i valori minimi rilevabili nel caso di un'intossicazione acuta da uranio depleto in seguito ad un esame a spettrometria di massa, uno degli esami con la più alta sensibilità. Questa metodica è in grado di rilevare 45 milligrammi inalati a distanza di dieci anni, ossia ancora oggi, a distanza di 10-11 anni, il metodo di misura sulle urine sarebbe in grado di fornire indicazioni su una possibile contaminazione acuta superiore a 45 milligrammi. Le analisi condotte ad oggi indicano valori non diversi dal «bianco», cioè dalle urine dei non esposti all'uranio.

In conclusione, secondo questa visione, la causa va probabilmente cercata altrove. Non è l'uranio depleto il colpevole, ma il colpevole si trova da qualche altra parte.

RAME (*Misto-IdV*). Ringrazio i nostri ospiti per le loro relazioni, tutte molto interessanti, però i dati che vengono forniti sono diversi rispetto al tempo di insorgenza della malattia. Qui si parla di dieci o di cinque anni, ma ci sono casi, di cui sono a conoscenza, come pure penso la Presidente e gli altri colleghi, in cui la leucemia o il tumore si manifestano prima di tali termini.

TRENTA. La letteratura scientifica – mi pare di averlo detto all’inizio – indica per la leucemia il tempo di latenza più breve: due anni. Un’esposizione pregressa due anni prima è responsabile di una leucemia che compare due anni dopo. Questa incidenza dal punto di vista diagnostico (cioè la capacità di rilevare le patologie con metodi diagnostici) dà luogo ad un aumento della frequenza di rilevazione a 5-6 anni, quando si registra un picco che va poi decrescendo; a distanza di 25 anni la responsabilità dell’esposizione nell’induzione della malattia praticamente non esiste più. Per quanto riguarda invece tutti gli altri tumori, il periodo di latenza è dell’ordine di dieci anni, nel senso che prima di dieci anni difficilmente si comincia a vedere qualche effetto dovuto alle radiazioni ionizzanti. Questo per unanime assenso di tutta quella letteratura scientifica alla quale ho fatto riferimento prima, ad eccezione di ciò che è emerso nel caso dell’incidente di Chernobyl, nel quale i bambini hanno manifestato tumori alla tiroide a quattro anni dall’esposizione.

ZUCCHETTI. Desidero soltanto sottolineare l’importanza della cautela con cui andrebbero fatte certe affermazioni. Il collega ha applicato per le sue deduzioni il modello della ICRP (*International Commission on radiological protection*), modello che in caso di esposizione a particelle alfa e a basse dosi va applicato con molta cautela, perché i dati di dose equivalente che vengono forniti dalla ICRP sono sostanzialmente tratti dai casi di esposizione di irraggiati di Hiroshima e Nagasaki, cioè relativi a esposizioni a dosi elevate e a raggi beta e gamma. Assai difficilmente tali dati possono essere utilizzati in casi legati all’esposizione ad uranio impoverito. Quest’ultima è un’esposizione di tipo diverso, visto che si tratta di particelle alfa e di bassissime dosi. Riguardo a questa casistica prima ho citato l’«effetto spettatore», ma vi sono anche altri effetti che possono aiutarci a comprendere che l’esposizione alle radiazioni da particelle alfa e per basse dosi può risultare molto più elevata rispetto a quella che ci si attenderebbe. Sarei quindi molto più cauto nell’assolvere l’uranio impoverito da responsabilità circa l’insorgenza di queste patologie. Assai più utile è andare a indagare se sia possibile un effetto sinergico tra tossicità chimica e tossicità radiologica, ipotesi a mio avviso percorribile.

TRENTA. Se mi è permesso replicare, signora Presidente, la messa in dubbio dell’applicazione del modello dell’ICRP in questi casi francamente desta forti perplessità. Il modello in questione, ricavato dall’esperienza di Hiroshima e Nagasaki, certamente non ha riguardato la contaminazione interna. Esso invece costituisce un riferimento, ad esempio, per i casi di esposizione dei minatori, che nelle miniere hanno respirato polveri di uranio e radon, che emette particelle alfa. I modelli da me considerati sono basati su questi strumenti e su questi dati di ricerca scientifica, non su Hiroshima e Nagasaki. Tengo peraltro a precisare che le esplosioni di Hiroshima e Nagasaki hanno dato luogo ad una esposizione neutronica, per la quale i fattori di ponderazione sono analoghi a quelli utilizzati per le particelle alfa.

PRESIDENTE. Ringrazio il professor Trenta e il professor Zucchetti, ma certo non possiamo essere noi a decidere su questa cortesissima contesa scientifica. Rimane il fatto che, al termine di un'importantissima e interessante audizione, rimaniamo sempre con la stessa domanda priva di risposta.

Ogni quattro mesi i Ministeri della salute e della difesa inviano al Parlamento delle relazioni contenenti materiale informativo – se volete bruto, ma abbastanza mirato – sulle patologie riscontrate nei militari che sono stati nei teatri di guerra. Risultano costantemente tumori che si segnalano per una presenza quantitativa significativa, a due cifre, e che sono per l'appunto quelli alla tiroide, ai testicoli, alle ossa, oltre alle leucemie e ai linfomi di Hodgkin. Il fatto che la percentuale di insorgenza di tali patologie risulti significativamente superiore rispetto a quella riferita alla popolazione civile della stessa età e della stessa prestanza fisica e anche ai militari che non sono stati nei teatri di guerra ci induce a ritenere che, forse, c'è un imputato, un colpevole. In ogni caso mi sembra rilevante che questi militari siano stati attivi in aree in cui l'uranio impoverito era presente in grandi quantità.

Dal momento che i dati oggettivi riferiscono che alcuni militari si ammalano in misura rilevantemente più significativa dei loro colleghi che non sono stati presenti nei teatri di guerra, dove l'uranio impoverito è stato abbondantemente utilizzato, cosa fa sì che in essi non si trovi traccia dell'uranio? La stessa dottoressa Antonietta M. Gatti, un'esperta di nanoparticelle ascoltata dalla Commissione, nel corso della sua audizione, ha affermato di non aver trovato tracce del minerale nei casi esaminati e che quindi è possibile che esista qualche altra concausa. Si può parlare dell'«effetto spettatore», dei *kit* di vaccinazioni somministrate in quantità eccessiva ai militari senza il rispetto dei tempi previsti per la loro assunzione, di fattori genetici, di fattori ambientali dovuti ad una esposizione a concentrazioni basse ma prolungate nel tempo.

Sto facendo delle ipotesi, che mi portano però a ritenere opportuno che la Commissione – naturalmente se vi è l'accordo dei colleghi – vi ponga il seguente quesito: dal momento che alcuni sostengono che l'uranio impoverito non può essere imputabile e che la Commissione ha la facoltà di indagare anche riguardo ad altre cause, indicate quali possono essere tali cause, altrimenti ci ritroviamo sempre allo stesso punto, senza poter spiegare l'origine delle patologie insorte. Sembra di essere di fronte non tanto ad un giallo, quanto a casi di fantascienza!

TRENTA. Qualche decina di anni fa in Inghilterra ebbe luogo una grossa contesa, che interessò anche il mondo scientifico, a seguito di un aumento dell'incidenza di leucemie all'intorno dell'impianto di Sellafield. In tale stabilimento viene ritrattato il combustibile nucleare irradiato e una minima quantità dei rifiuti radioattivi prodotti vengono immessi nell'ambiente, ovviamente nel rispetto dei limiti in tal senso stabiliti dall'autorità competente. Tali rifiuti da parte di alcuni sono stati considerati i responsabili dell'eccesso di leucemie. Vennero istituite varie commissioni per valutare approfonditamente il fenomeno e, alla fine, l'ipotesi che è emersa

in maniera piuttosto prepotente è stata quella virale. Del resto, leucemia, linfomi e virus sono cose che vanno molto d'accordo. Secondo tale ipotesi, dal momento che nell'area dell'impianto di Sellafield era entrato personale tecnico e loro familiari proveniente dall'esterno, detto personale avrebbe potuto essere interessato da fenomeni di contaminazione da parte di virus assenti nell'area di provenienza; ciò avrebbe dato luogo all'incremento di leucemie. Si tratta di un'ipotesi che tuttavia non è stata testata da nessuno.

PRESIDENTE. Senza alcun effetto di mitridatizzazione nel tempo?

TRENTA. No. È evidente che se all'improvviso arriva una carica virale tale da superare le difese immunitarie della persona essa prende il sopravvento.

PRESIDENTE. Se lei dice che questa carica virale veniva da soggetti esterni e non interni alla fabbrica, forse allora vuol dire che si è avuto qualche effetto di questo tipo.

ZUCCHETTI. Mi sembra importante sottolineare che quando si considerano le diverse possibili cause per queste patologie si ha la tendenza a sovrapporre linearmente i vari effetti, non considerando che vi può essere un effetto sinergico e quindi di esaltazione delle cause. Ad esempio, credo che, per quanto riguarda le particelle fini e ultrafini quali quelle di uranio depleto, debbano essere considerati tre possibili tipi di tossicità: chimica, particellare (dovuta al fatto che si tratta per l'appunto di particelle fini ed ultrafini) e radiologica. Questi tre tipi di tossicità vanno in qualche modo considerati insieme, ma non mi risulta che finora sia stato effettuato uno studio del genere. Occorre quindi dotarsi di modelli nuovi, perché finora ci si è limitati a considerare separatamente i tre tipi tossicità.

Per quanto riguarda la possibile presenza di altre cause, vorrei aggiungere che nell'esposizione ad agenti genotossici è molto importante anche la presenza di *stress* psicofisico. Il sistema immunitario esposto a più fattori stressanti contemporaneamente, fra cui l'esposizione ad uranio, potrebbe aver reagito con forme tumorali come quelle elencate. Quindi bisogna essere molto cauti nell'escludere una causa piuttosto che un'altra e considerarle tutte assieme, soprattutto con il loro effetto sinergico.

MINERVINI. Su quest'ultimo aspetto vorrei aggiungere che lo studio dei fogli matricolari rappresenta, a mio avviso, un metodo di indagine importante. È infatti utile conoscere, relativamente al personale impiegato, il tempo di permanenza sul territorio, la tipologia di utilizzo, gli incarichi svolti, le sostanze iniettate per le vaccinazioni, il numero di licenze concesse. Queste informazioni possono essere facilmente desunte dai fogli matricolari. Abbiamo sentito parlare di sei mesi continuativi di lavoro: credo che ciò rappresenti una fonte di *stress* psicologico che contribuisce ad abbattere le difese immunitarie. La presenza di concause, quindi, può essere verificata anche dai fogli matricolari esaminati da persone esperte.

PRESIDENTE. Lei quindi ritiene utile la decisione, assunta dalla nostra Commissione, di richiedere all'Istituto superiore di sanità la formulazione di quesiti da rivolgere, per mezzo di ufficiali di polizia giudiziaria, ai distretti militari al fine di ottenere la documentazione necessaria tenendo conto anche dei suggerimenti da lei forniti?

MINERVINI. Sì. La legge non vieta a un militare di recarsi presso il distretto militare per richiedere copia integrale del proprio foglio matricolare. Una simile procedura potrebbe magari velocizzare i tempi di ricerca. Se però tale richiesta è avanzata da una Commissione di inchiesta parlamentare, l'atto viene ufficializzato e formalizzato in un'indagine. L'importante è leggere i fogli matricolari nel modo giusto, come da me proposto, e l'ufficiale di polizia giudiziaria non ha la competenza per farlo.

PRESIDENTE. L'ufficiale di polizia giudiziaria, della Guardia di finanza o dei Carabinieri, avrebbe unicamente il compito di raccogliere la documentazione che dovrà essere analizzata da soggetti diversi.

MINERVINI. Ho dato la mia disponibilità ad esaminare insieme ad un esperto di statistica tale documentazione, interpretandola sotto un profilo militare al fine di inquadrare i militari coinvolti ed individuare un riscontro tra quanto riportato nel foglio matricolare e le testimonianze dei soggetti.

PRESIDENTE. Gli aspetti scientifici verranno poi valutati dagli epidemiologi dell'Istituto superiore di sanità, gli stessi che formulano i quesiti da noi richiesti. Questo dovrebbe essere un *iter* abbastanza attendibile.

MINERVINI. Sarebbe opportuno conoscere le regole applicate in quelle zone in quel momento; a tal fine dovrebbe essere interpellato anche il Ministero della difesa. Il militare poteva anche essere trattenuto sul terreno per sei mesi, ma sarebbe opportuno sapere quante volte in quei sei mesi poteva tornare a casa.

PRESIDENTE. Un periodo di interruzione dell'attività militare è spesso molto importante.

MINERVINI. È così. Ho esperienza di contratti petroliferi annuali, i quali prevedono che in alcuni siti, in cui lo *stress* è più elevato, il personale venga trattenuto 28 giorni sul terreno, per poi essere inviato a casa i 28 giorni successivi; altri contratti, sempre annuali, prevedono la permanenza del personale per due mesi continuativi, seguiti da un mese di riposo a casa. Non è opportuno trattenere il personale per sei mesi di seguito in una data zona.

Bisognerebbe quindi conoscere con quale frequenza venivano concesse le licenze e di quale durata. Se questi dati vengono inseriti in un contesto che tenga conto anche di altre situazioni (quali, ad esempio, le vaccinazioni cui i militari sono stati sottoposti), ritengo che sarebbe pos-

sibile definire, sulla base dei diversi raffronti, un quadro delle cause e delle concause del fenomeno oggetto della vostra inchiesta. Credo che questo modo di lavorare sia importantissimo.

AMATO (FI). Signora Presidente, sempre in riferimento alle concause, mi permetto di insistere sulla richiesta di audizione del professor Franco Nobile dell'università di Siena. La sua, infatti, è una ricerca interessante, condotta sul campo e su un settore limitato. Il professor Nobile ha esaminato i casi relativi ai soldati tornati dal Kosovo ed ha elaborato alcune ipotesi di concause. Il campione da lui scelto è costituito da soggetti provenienti dalla stessa zona di guerra, in cui hanno operato per un dato periodo. Si tratta di un dato omogeneo su cui lavorare.

Credo che sarebbe interessante ascoltare la sua opinione.

PRESIDENTE. Senza dubbio.

MINERVINI. Aggiungo che il professor Nobile ha condotto le analisi sul personale del mio reparto e ha toccato con mano la situazione.

PRESIDENTE. Noi abbiamo assolutamente bisogno di dati ufficiali. L'Osservatorio militare, un'associazione che rappresenta anche le vittime e i loro familiari, ha fornito elementi molto significativi, 46 morti e 515 ricoverati in ospedale, ma non possiamo utilizzarli per dare attendibilità ai lavori di questa Commissione. Infatti, non essendo stati raccolti dai distretti militari, tali dati non hanno significatività, tanto più che molti scienziati discutono di molteplici elementi che sempre più vengono messi sul tavolo di discussione.

Ringrazio i nostri ospiti, il cui contributo, aggiunto a quello dei tecnici dell'Istituto superiore di sanità, sarà certamente utile alla formulazione dei quesiti da rivolgere ai vari soggetti interessati dall'inchiesta. Sarebbe utile conoscere i tempi necessari per fornire risposte attendibili, anche prive dell'assoluta scientificità, perché per noi è sufficiente che tali risposte si basino su criteri di precauzione, che devono essere considerati ogniquale volta degli esseri umani vengono esposti ad un rischio per la salute. Poi nei laboratori si può anche continuare a studiare per arrivare magari a sostenere la tesi che l'uranio impoverito non è nocivo o che nuoce solo la sua azione meccanica.

Vi ringrazio ancora e dichiaro conclusa l'audizione odierna.

I lavori terminano alle ore 14,20.