

ALLEGATO 4 – MODELLO PER LA STIMA DELLE CONSEGUENZE SULLA POPOLAZIONE BALCANICA

4.1 – Introduzione

Per calcolare la pericolosità di un nuclide, occorre stimare la dose supponendo certi scenari di esposizione.

Vediamo quale è la situazione di teatro, sui luoghi di inalazione, con un calcolo inteso solo ad accertare se, in almeno un caso realistico, l'ordine di grandezza delle dosi in gioco non permetta di trascurare il problema.

Considereremo due scenari conservativi e tuttavia realistici di utilizzo del DU in un bombardamento nei Balcani

- 1) Proiettili lanciati da un A-10 durante l'attacco ad un carroarmato oppure ad un bunker nemico. In questo caso, considerare che circa 10 kg di DU vengano dispersi in atmosfera può essere accettabile. Data la velocità di sparo dei cannoni dell'A-10, considerando che non tutti i proiettili sparati sono al DU, ciò corrisponde a tenere premuto il grilletto per circa 3-4 secondi.
- 2) Impatto di un missile Cruise Tomahawk che porti 20 kg di DU.

L'impatto in entrambi i casi produce una nuvola di detriti di varie dimensioni, dopo combustione violenta a circa 5000 °C. Il pulviscolo è, come detto, composto da particelle di dimensioni nel range [0.5 - 5] micron. Tra 500 e 1000 metri dall'impatto si possono respirare nubi con densità sufficiente a causare dosi rilevanti, composte da particelle che hanno una massa da circa 0.6 a circa 5 nanogrammi ($6-50 \times 10^{-10}$ g).

E' stata effettuata una stima mediante il codice di calcolo di dose GENII, trascurando gli effetti dovuti all'incendio e considerando soltanto l'esposizione per una inalazione di un'ora dovuta al semplice rilascio del materiale, nelle assunzioni più prudenziali possibili.

L'inalazione, vedremo in seguito, costituisce di gran lunga la principale via di esposizione, e nell'inalazione la prima ora risulta essere la più cruciale. Si dimostrerà come in un'ora si può inalare pulviscolo radioattivo in quantità già notevoli.

I calcoli saranno tutti effettuati due volte:

- Una volta per il DU pulito
- Una volta per il DU sporco.

Per stabilire l'attività dei Missili o dei proiettili utilizzeremo la Tabella WISE per il DU pulito e sporco del'allegato 1.

Vediamo ora quale attività hanno i missili e i 10 Kg di proiettili utilizzati dall'A-10:

Nuclide	Attività specifiche	Cruise 20 kg	A10 10 kg
	[Bq / g]	[Bq]	[Bq]
U-238	1,243E+04	2,485E+08	1,243E+08
Th-234	1,243E+04	2,486E+08	1,243E+08
Pa-234m	1,243E+04	2,486E+08	1,243E+08
U-235	1,600E+02	3,200E+06	1,600E+06
Th-231	1,600E+02	3,200E+06	1,600E+06
U-234	1,899E+03	3,798E+07	1,899E+07
TOTALE	3,950E+04	7,901E+08	3,950E+08

Tabella 4.1 – Attività 20 kg e 10 kg DU pulito

Nuclide	Attività specifiche	Cruise 20 kg	A10 10 kg
	[Bq / g]	[Bq]	[Bq]
U-238	1,240E+04	2,479E+08	1,240E+08
Th-234	1,240E+04	2,480E+08	1,240E+08
Pa-234m	1,240E+04	2,480E+08	1,240E+08
U-236	5,429E+03	1,086E+08	5,429E+07
U-235	1,600E+02	3,200E+06	1,600E+06
Th-231	1,600E+02	3,200E+06	1,600E+06
U-234	4,485E+03	8,970E+07	4,485E+07
Pu-239	1,010E+01	2,020E+05	1,010E+05
Np-237	6,444E+00	1,289E+05	6,444E+04
Pa-233	6,444E+00	1,289E+05	6,444E+04
TOTALE	4,745E+04	9,491E+08	4,745E+08

Tabella 4.2 – Attività 20 kg e 10 kg DU sporco

Questi numeri saranno utili come input per i calcoli di dose.

4.2 – Calcoli di dose individuale.

Per questo tipo di calcolo considereremo questo tipo di scenario:

- Inalazione per un'ora, ed irraggiamento esterno
- Rilasci di 20 kg e 10 kg all'altezza del suolo
- Calcoli di dispersione atmosferica, non omogenea, con modello di Pasquill e settore sfavorevole (individui più esposti).
- Distanze da 300 a 1500 m dal rilascio
- Modello a compartimenti del corpo umano, secondo raccomandazioni ICRP.

Vediamo ora alcuni risultati ottenuti.

Distanza	Dose annuale Effettiva
[m]	[Sv]
300	1,10E-02
400	6,80E-03
500	4,60E-03
600	3,40E-03
700	2,60E-03
800	2,10E-03
900	1,70E-03
1000	1,40E-03
1100	1,20E-03
1200	1,10E-03
1300	9,40E-04
1400	8,30E-04
1500	7,50E-04

Tabella 4.1 - Dose per 20 kg DU pulito

Distanza	Dose annuale Effettiva
[m]	[Sv]
300	1,70E-02
400	1,10E-02
500	7,30E-03
600	5,40E-03
700	4,20E-03
800	3,40E-03
900	2,70E-03
1000	2,30E-03
1100	2,00E-03
1200	1,70E-03
1300	1,50E-03
1400	1,30E-03
1500	1,20E-03

Tabella 4.2 – Dose per 20 kg DU sporco

Distanza	Dose annuale Effettiva
[m]	[Sv]
300	5,30E-03
400	3,20E-03
500	2,20E-03
600	1,60E-03
700	1,30E-03
800	1,00E-03
900	8,40E-04
1000	6,90E-04
1100	6,10E-04
1200	5,30E-04
1300	4,60E-04
1400	4,20E-04
1500	3,60E-04

Tabella 4.3 – Dose per 10 kg DU pulito

Distanza	Dose annuale Effettiva
[m]	[Sv]
300	8,50E-03
400	5,20E-03
500	3,60E-03
600	2,60E-03
700	2,00E-03
800	1,60E-03
900	1,30E-03
1000	1,10E-03
1100	9,70E-04
1200	8,50E-04
1300	7,30E-04
1400	6,60E-04
1500	5,80E-04

Tabella 4.4 – Dose per 10 kg DU sporco

Per ottenere questi numeri si è immesso nel codice di calcolo i dati delle tabelle 4.1 e 4.2, fornendo un file con la base di dati per il fenomeno della dispersione dei venti al suolo (frequenze delle condizioni di Pasquill e velocità dei venti nelle varie direzioni), oltre naturalmente ad altri parametri come per esempio il settore più sfavorevole, i tipi di dispersione, la distanza dal punto di rilascio e così via.

La dispersione dei venti utilizzata è quella di un generico sito posto in pianura, con assenza di particolari correnti o venti di caduta: si tratta di una distribuzione meteorologica simile a quella utilizzata per i calcoli di dispersione radioattiva intorno al sito ENEA di Saluggia (VC).

Si riesce subito a notare la differenza numerica tra i risultati ottenuti con il DU sporco e quelli con il DU pulito.

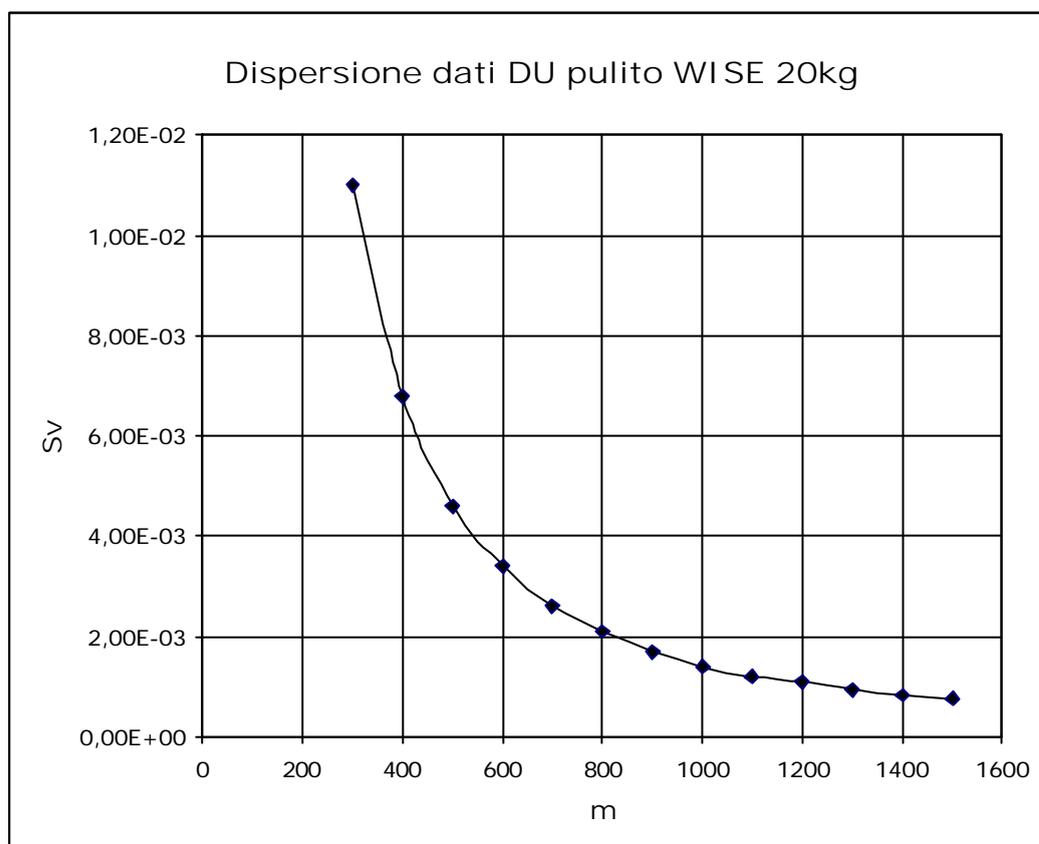
Nei successivi grafici si può vedere meglio la dispersione della dose individuale nei primi 1500 m.

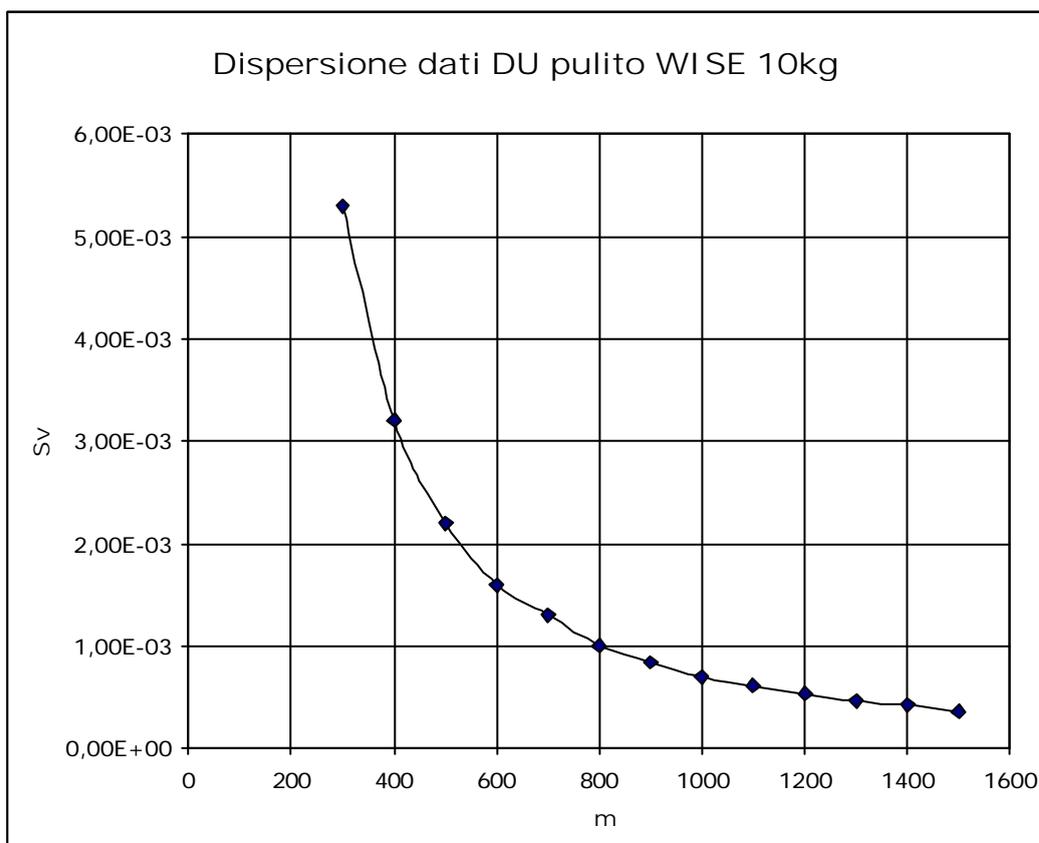
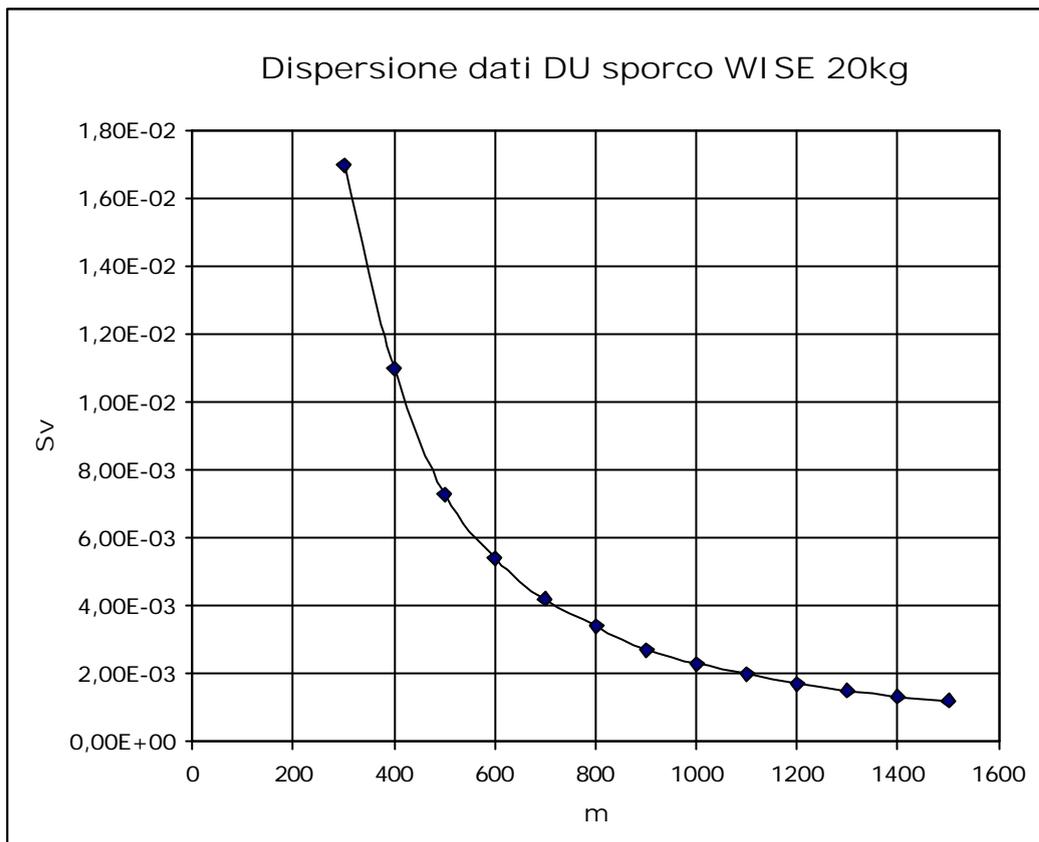
E' subito possibile notare che i numeri calcolati vanno da un massimo di 170 mSv (20 kg di DU sporco, a 300 m) ad un minimo di 0.36 mSv (10 kg di DU pulito, a 1500 m).

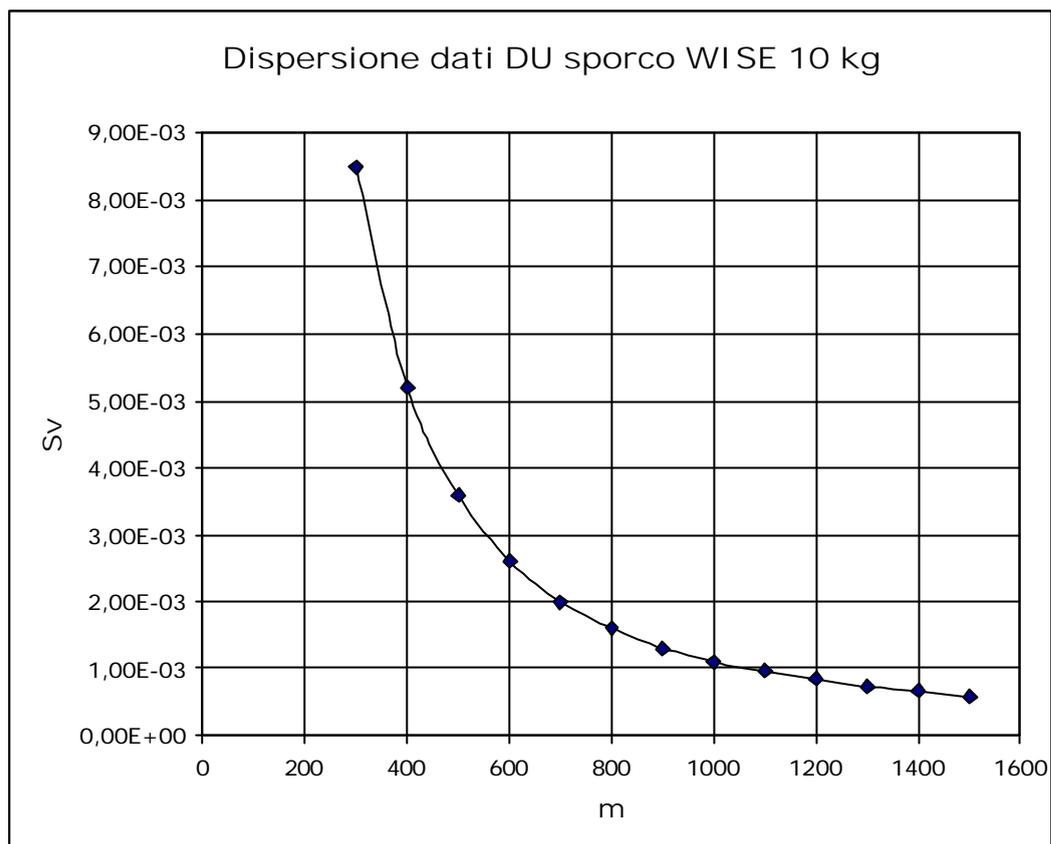
Si tratta di valori di impegno di dose equivalente in 50 anni per l'individuo più esposto, dovuti alla prima ora di inalazione. Tuttavia, la maggior parte della dose impegnata riguarda il primo anno di esposizione.

Se consideriamo il limite annuo di esposizione della popolazione (e dei lavoratori non esposti) alle radiazioni ionizzanti, ricordiamo come esso valga 1 mSv. I valori calcolati sono pertanto abbastanza elevati: le Tabelle 4.1 e 4.4 permettono subito di verificare entro quale distanza dalla caduta si provocherebbe una esposizione della popolazione superiore al limite annuo di dose. Le distanze in questione e i relativi valori di dose sono riportati in grassetto.

Si ha quindi che un attacco con A10 provocherebbe dosi superiori ai limiti consentiti per la popolazione nel raggio di circa 0,8 – 1 km dall'impatto, mentre il caso del missile Cruise farebbe lo stesso effetto nel raggio di 1,2 – 1,6 km.







4.2.1 - Nuclidi e vie di esposizione notevoli

Fermi restando i valori precedentemente calcolati al variare della distanza, prendiamo ora in considerazione i risultati ottenuti per DU sporco e pulito nel caso di 10 kg e della distanza di 1000m, con lo scopo di effettuare una analisi delle vie di esposizione più critiche e dei nuclidi maggiormente responsabili della dose.

I risultati principali sono allora:

- 6,90E-04 Sv per il DU pulito;
- 1,10E-03 Sv per il DU sporco;

I numeri ottenuti sono la dose impegnata in tutta la vita (50 anni) in seguito ad un'ora d'inalazione. Come visto nelle tabelle precedenti cambiando la distanza i numeri si modificano.

La dose impegnata massima si ha ovviamente nel primo anno dopo l'inalazione:

- 1,40E-04 Sv per il DU pulito;
- 2,30E-04 Sv per il DU sporco;

Dal file di output del codice GENII si può notare come l'irraggiamento esterno, incluso nel modello come elemento di completezza, è trascurabile rispetto all'inalazione; questo perché i radionuclidi interessati sono emettitori di particelle alfa.

Ecco i risultati riguardanti l'irraggiamento esterno:

- 7,50E-11 Sv per il DU pulito;
- 5,90E-09 Sv per il DU sporco;

Ora andiamo a vedere quali nuclidi contribuiscono maggiormente alla dose impegnata nella successiva tabella:

Nuclide	Quantità	Note
	[Sv]	
U238	5,70E-04	Nuclide padre
U234	1,00E-04	Nuclide padre
U235	8,30E-06	Nuclide padre
Th234	1,70E-07	Figlio del U238
Pa234	2,60E-13	Figlio del U238
Altri	Trascurabili	
Totale	6,90E-04	

Tabella 4.5 – Nuclidi responsabili della dose per DU pulito

Nuclide	Quantità	Note
	[Sv]	
U238	5,70E-04	Nuclide padre
U236	2,80E-04	Nuclide padre
U234	2,50E-04	Nuclide padre
U235	8,30E-06	Nuclide padre
Np237	1,70E-06	Nuclide padre
Pu239	1,20E-06	Nuclide padre
Th234	1,70E-07	Figlio del U238
Pa234	1,00E-08	Figlio del U238
Altri	Trascurabili	
Totale	1,10E-03	

Tabella 4.6 – Nuclidi responsabili della dose per DU sporco.

Andiamo ora a vedere quali sono gli organi del corpo umano più esposti per il DU pulito e sporco.

Nella successiva tabella si andrà ad elencare per ogni organo la dose assorbita, e si confronterà la differenza di pericolosità tra DU pulito e sporco.

Organo	DU pulito	DU sporco	sporco / pulito
Polmoni	5,70E-03	9,30E-03	1,6
Reni	1,10E-06	1,80E-06	1,6
Superficie delle ossa	3,70E-07	5,10E-05	138
Midollo osseo rosso	3,60E-08	4,10E-06	114
Gonadi	7,50E-09	4,60E-07	62
Intestino	1,28E-06	1,71E-06	1,3
Altri organi	4,6E-08	3,93E-06	Non rilevante
Totale¹	6,90E-04	1,10E-03	1,6

Tabella 4.7 – Dose ai singoli organi, per DU pulito e sporco

¹ Per ottenere la dose totale impegnata, occorre moltiplicare la dose ad ogni organo per il suo opportuno fattore di peso

4.2.2 – Analisi dei risultati

La pericolosità da inalazione del DU sporco è fra una volta e mezza e il doppio di quello pulito. L'incremento è dovuto all'aumento della dose da inalazione. Resta da determinare quanto DU pulito e quanto sporco sono stati utilizzati in realtà dalla NATO.

Il contributo del Pu239 alla dose totale è trascurabile (0,1%). Non ha alcuna importanza quindi se esso sia stato o meno eliminato dal DU in fase di riprocessamento.

Quello che conta è la presenza del U236 e del U234. Ciò trova una eccezione parziale nel caso della dose midollare (Tabella 4.7, si veda più avanti la spiegazione), per la quale il contributo del Pu239 non è trascurabile.

Il contributo del Np237 e figli alla dose totale è piccolo (0,15%). Stesso discorso del Pu239, a livello di dose totale. Il suo contributo alla dose midollare è però notevole (si veda più avanti).

Gli organi più colpiti dalla inalazione di DU sono di gran lunga i polmoni, e questo pare del tutto naturale, viste anche le assunzioni fatte (un'ora di inalazione).

Risultano esposti anche reni ed intestino, e questo traccia la via dell'uranio "eliminato" attraverso l'escrezione a breve termine.

Vi sono però molti altri organi esposti, fra i quali, in particolare, la superficie delle ossa ed il Midollo Osseo Rosso (che è il produttore degli elementi figurati del sangue ed il cui malfunzionamento causa appunto la leucemia).

Il valore relativamente piccolo delle dosi a questi organi non deve stupire né rassicurare: una piccola parte del DU viene ritenuto nelle ossa e riesce ad irraggiare il midollo osseo rosso.

Se poi si confrontano i valori di dose fra DU sporco e pulito, si notano grandissimi incrementi del valore di dose a certi organi, in particolare le ossa ed il midollo osseo rosso, oltre alle gonadi (importanti per determinare il carico genetico).

In particolare, per quanto riguarda il midollo osseo rosso, si vede che il maggior contributo alla dose midollare nel DU sporco è dovuto al Np237 (73%), che ha quindi importanza in questo particolare aspetto. Un restante 24% è poi dovuto al Pu239 che quindi, per questo aspetto, non è trascurabile.

Questi risultati (dosi non trascurabili al midollo osseo rosso) pongono fine al preteso non-collegamento fra inalazione del DU e leucemia, in linea generale.

Restano comunque da chiarire molti altri aspetti, che consentano di legare in modo più o meno certo i casi di leucemia osservati fra i militari italiani in queste settimane e l'esposizione al DU.

4.3 – Dose Collettiva

Per stimare il numero totale di insorgenze di eventi gravi (tumori) in più rispetto alla normalità in una popolazione esposta alle radiazioni ionizzanti, occorre effettuare un calcolo di dose collettiva. Si intende con dose collettiva la somma delle dosi ricevute da tutte le persone esposte, in questo caso in seguito ad un

rilascio di sostanze radioattive per un bombardamento con DU. Da questa quantità (che si misura in Svp, Sievert-persona) si può poi risalire, mediante l'applicazione di opportuni coefficienti di rischio, ad una stima dei danni alla popolazione.

Calcoleremo la dose collettiva per questo scenario-tipo:

- Vie di esposizione. Tutte le vie: inalazione (che risulterà essere la principale), irraggiamento esterno, ingestione attraverso la catena alimentare e la contaminazione delle varie matrici ambientali, etc. etc;
- Rilascio di 10 kg di materiale ad altezza suolo (quantità plausibile per un singolo attacco con aereo A10);
- Calcoli di dispersione atmosferica con modello di Pasquill (non con dispersione omogenea, quindi). Distribuzione statistica delle frequenze dei venti e delle condizioni atmosferiche;
- Distribuzione della popolazione esposta intorno al punto di rilascio, secondo corone circolari concentriche fino ad un raggio di 80 km. L'implementazione di una corretta distribuzione della popolazione intorno al punto di impatto è ovviamente cruciale per la correttezza dei dati di dose collettiva. Per questo calcolo, si sono utilizzati dati prudenziali ottenuti a partire da quelli disponibili. Essi facevano riferimento alla distribuzione di popolazione intorno ad un impianto nucleare posto in zona mediamente popolata. Partendo da questi, si è eliminata la fascia di rispetto (cerchio di raggio 1 km intorno all'impianto, privo di popolazione) e si è ottenuta una distribuzione di popolazione in un sito generico mediamente popolato, valida per un'area geografica dell'Europa occidentale;
- Modello a compartimenti del corpo umano, secondo raccomandazioni ICRP.

Anche per questi calcoli, verrà utilizzato il codice GENII.

Per calcolare la dose collettiva all'intera popolazione balcanica dovuta all'uso di tutto il DU da parte della NATO, sarà sufficiente sovrapporre gli effetti di ogni singolo attacco utilizzante 10 kg di DU fino a giungere all'intera massa di DU utilizzato nei Balcani.

Ciò, tra l'altro, porta probabilmente ad una sottostima degli effetti totali, in quanto si trascura l'effetto sinergico ed autoesaltante di possibili esposizioni sovrapposte, per popolazioni in zone particolarmente colpite da ripetuti attacchi con DU.

A questo proposito, le ammissioni della NATO porterebbero ad un totale di 33000 proiettili usati nel 1999, e 10000 nel 1995, per un totale di circa 15 tonnellate.

Tuttavia, la NATO ha più volte ammesso di aver "perso il conto" dei proiettili sparati, mentre nessuna cifra è mai stata fornita per il DU sui missili Cruise.

Si ritiene prudenziale pertanto raddoppiare questa cifra, parlando pertanto di 15-30 tonnellate usate in totale nei Balcani.

I valori di dose collettiva calcolati possono variare in maniera rilevante (tre volte, un terzo), a seconda delle condizioni atmosferiche e della densità di popolazione nel settore verso il quale il vento spinge prevalentemente i nuclidi radioattivi. Considerando che il calcolo fa riferimento ad una dose impegnata su cinquanta anni, dovuta ad una esposizione cronica - per lo stesso periodo - per ad un rilascio acuto, parrebbe appropriato fare riferimento ad una distribuzione statistica delle condizioni atmosferiche. Tuttavia, la quasi

totalità dell'impegno (oltre il 90%) è dovuto al primo anno di esposizione, ed in particolare all'esposizione nelle prime ore dopo il rilascio e durante il passaggio della "nube": è allora lecito considerare, se non le condizioni atmosferiche che puntino verso il settore più sfavorevole, perlomeno quelle che puntino al quadrante più sfavorevole. Si intende con quadrante l'insieme di quattro settori contigui, che include quindi un quarto delle possibili direzioni.

Se adottiamo questa ipotesi, i dati di dose collettiva sono quelli riportati qui di seguito, che verranno utilizzati come riferimento.

Zona	Dose collettiva
	[Svp]
12	6,80E+00
13	9,90E+00
14	3,80E+01
15	1,50E+01
Media	1,74E+01

Tabella 4.8 – Media dose collettiva DU pulito

Zona	Dose collettiva
	[Svp]
12	1,10E+01
13	1,60E+01
14	6,10E+01
15	2,40E+01
Media	2,80E+01

Tabella 4.9 – Media dose collettiva DU sporco

Il risultato principale del calcolo per un rilascio di 10 kg di DU è riportato qui sotto:

- **DU sporco: 28 Svp**
- **DU pulito: 17,4 Svp**

I numeri sono la EDE collettiva impegnata ("dose collettiva") in tutta la vita da parte della popolazione circostante.

La dose collettiva impegnata massima si ha ovviamente nel primo anno di esposizione, ma è rilevante anche negli anni successivi.

4.3.1 – Analisi dei risultati di dose collettiva

Notiamo di nuovo come l'irraggiamento esterno, pur incluso nel modello per completezza, è trascurabile rispetto all'inalazione come già detto prima, essendo questi nuclidi principalmente degli emettitori di particelle alfa.

Faremo per comodità e completezza solo riferimento al DU "sporco", cioè con tutti i nuclidi.

Come prima andiamo a vedere i risultati nella varie tabelle: la tabella 4.10 considera il contributo per singolo nuclide, più interessante è la tabella 4.11, che raggruppa il contributo alla dose collettiva per

"famiglia", cioè per "nuclide padre più tutti i discendenti", ed infine la tabella 4.12 che mette in evidenza la dose collettiva suddivisa per i vari organi.

Nuclide	Dose collettiva DU sporco	Note
	[Svp]	
U238	15	Nuclide padre
U236	6,8	Nuclide padre
U234	6,1	Nuclide padre
U235	0,20	Nuclide padre
Np237	0,042	Nuclide padre
Pu239	0,030	Nuclide padre
Th234	0,0046	Figlio del U238
Pa234	0,00016	Figlio del U238
Altri	Trascurabili	
Totale	28	

Tabella 4.10- Nuclidi responsabili della dose collettiva per DU sporco 10 kg

Nuclide padre + famiglia	Dose collettiva DU sporco	Percentuale
	[Svp]	
U238 e figli	15	43,4%
U235 e figli	0,2	0,7%
U234 e figli	6,1	21,6%
U236 e figli	6,8	24,1%
Np237 e figli	0,042	0,1%
Pu239 e figli	0,030	0,1%
Totale	28	100%

Tabella 4.11 - Nuclidi maggiormente responsabili della dose collettiva, raggruppati per famiglia (nuclide-padre + tutti i discendenti) DU sporco 10 kg.

Organo	DU sporco
	[Svp]
Polmoni	234
Reni	0,045
Superficie delle ossa	1,3
Midollo osseo rosso	0,10
Gonadi	0,011
Intestino	0,044
Altri organi	0,097
Totale¹	28

Tabella 4.12 - Dose collettiva suddivisa per i singoli organi, ovvero, organi più esposti. DU sporco, Svp per 10 kg rilasciati.

¹ Per ottenere la dose totale (EDE), occorre moltiplicare la dose ad ogni organo per il suo opportuno fattore di peso.

L'analisi dei risultati ci porta a queste conclusioni:

- La pericolosità del DU sporco è circa una volta e mezza di quello pulito. L'incremento della cifra totale è dovuto totalmente all'aumento della dose da inalazione sul compartimento "polmoni".

- Per il DU sporco, la gran parte della maggior dose rispetto al DU pulito deriva dal maggior contenuto di U234 e dal U236. Infatti, nel DU sporco, solo più il 54% della dose deriva dal U238 e figli.

- Il contributo del Pu239 alla dose totale è trascurabile (0.1%). Non ha importanza quindi, ai fini della dose totale, se esso sia stato o meno eliminato dal DU in fase di riprocessamento. Quello che conta è la presenza del U236 e del U234. Ciò trova una eccezione parziale nel caso della dose midollare, per la quale il contributo del Pu239 non è trascurabile.

- Il contributo del Np237 e figli alla dose totale è piccolo (0.2%). Stesso discorso del Pu239, a livello di dose totale. Il suo contributo alla dose midollare è però predominante.

- Il compartimento di gran lunga più colpito risulta essere quello dei "polmoni", e questo pare del tutto naturale, visto che l'inalazione risulta essere la via di esposizione preponderante. Si ricordi però che il nostro modello include, nel comparto "polmoni", in pratica anche altri organi notevoli – quali i linfonodi del mediastino. Ciò è molto importante, come vedremo fra breve.

- Risultano esposti anche reni ed intestino, e questo traccia la via dell'uranio "eliminato" attraverso l'escrezione a breve termine.

- Vi sono però altri organi esposti, fra i quali, in particolare, la superficie delle ossa ed il Midollo Osseo Rosso (che è il produttore degli elementi figurati del sangue ed il cui malfunzionamento causa appunto la leucemia).

- Per quanto riguarda poi un'ulteriore e notevole categoria di organi colpiti, ovvero i linfonodi, occorre rilevare a questo riguardo una certa insufficienza del modello a compartimenti utilizzato dal codice.

Come riportato anche dal rapporto preliminare della Commissione Mandelli¹, la via di esposizione più rilevante per l'uranio impoverito è l'inalazione e, dai polmoni, una frazione non trascurabile dell'attività in questi depositata si concentra nei linfonodi del mediastino. L'esposizione a radiazioni di questi organi comporta la maggior insorgenza, fra gli altri, del cosiddetto "Linfoma di Hodgkin", la forma tumorale per la quale lo stesso Rapporto Mandelli ha trovato, nella popolazione esaminata, una insorgenza tripla rispetto a quella ritenuta essere nel Rapporto la normalità.

- Il codice GENII non consente purtroppo di stimare la dose ai soli linfonodi del mediastino. Esso riassume, nel suo modello a compartimenti, tutto nel generico compartimento "Polmoni". Si può solo rilevare come la dose al comparto "polmoni" (240 Sv) rappresenti la parte assolutamente preponderante dell'intera esposizione.

- Si può perciò soltanto concludere che, fra le patologie generate dall'esposizione a Uranio impoverito modellata in questo lavoro, le maggiori insorgenze si troveranno fra i più radiosensibili fra gli organi del

¹ "Relazione Preliminare Della Commissione Istituita Dal Ministro Della Difesa Sull'incidenza Di Neoplasie Maligne Tra I Militari Impiegati In Bosnia E Kosovo", <http://www.difesa.it/>

comparto “polmoni” considerato dal modello, ovvero i polmoni stessi e i linfonodi del mediastino, oltre ad altri organi relativamente poco irraggiati ma particolarmente radiosensibili, quali il midollo osseo rosso.

Questi risultati (elevatissima dose percentuale ad un comparto in stretto contatto con i linfonodi del mediastino, oltre ad una dose non trascurabile al midollo osseo rosso), in linea generale, rafforzano ulteriormente le evidenze di collegamenti fra esposizione a DU e alcune patologie, come il Linfoma di Hodgkin e la leucemia

4.4 - Stima del numero di maggiori insorgenze tumorali nella popolazione dei Balcani

Dalla stima di dose collettiva totale ricavata precedentemente, è abbastanza facile risalire ad una stima (sia pur grossolana) delle maggiori insorgenze di effetti tumorali conclamati nella popolazione dei Balcani nei prossimi anni.

Basta infatti sovrapporre gli effetti di tutti i bombardamenti, moltiplicando per 1500-3000 (a seconda che si considerino 15 o 30 tonnellate totali di DU impiegato) i valori di dose collettiva determinati nel paragrafo 4.3.1 per il caso dell'uso di 10 kg di DU.

Si ottiene pertanto una stima di dose collettiva pari a:

$$\text{Dose collettiva Totale} = 28 \cdot [1500-3000] \text{ Svp} = 42.000 - 84.000 \text{ Svp}$$

Si è considerato prudenzialmente il DU sporco. Nel caso di DU pulito, i valori di dose collettiva ammontano a 26.000-52.000 Svp, e perciò non spostano l'ordine di grandezza del fenomeno.

E' possibile ora applicare a queste esposizioni i fattori di rischio raccomandati dalla ICRP¹.

Si ricorda tuttavia, come riportato dallo stesso Rapporto Mandelli, che i coefficienti di rischio attualmente raccomandati dall'ICRP (derivati da alte esposizioni croniche esterne principalmente a nuclidi beta e gamma emettitori – statistiche su Hiroshima, Nagasaki e pazienti alto-irraggiati per errate cure con raggi X negli anni quaranta) possono essere di dubbia applicazione al caso in esame (esposizioni interne croniche ad alfa emettitori).

Ciononostante, i valori di ICRP sono accettati dall'intera comunità scientifica internazionale, sono alla base di tutte le legislazioni mondiali sulla radioprotezione, e sono gli unici che siano basati su osservazioni scientificamente valide e non su pretese ed evidenti distorsioni dei fatti che poco hanno a che vedere con la scientificità; pertanto verrà ad essi fatto riferimento.

ICRP raccomanda i seguenti fattori di rischio per esposizione a radiazioni ionizzanti:

- 5% Sv⁻¹ per l'insorgenza di tumori letali
- 1% Sv⁻¹ per l'insorgenza di tumori non letali
- 1.3% Sv⁻¹ per l'insorgenza di effetti ereditari evidenti

¹ ICRP, Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Publication 60, Vol. 21, Pergamon, Oxford, 1991.

In totale, si applica un fattore di 7.3% Sv⁻¹ per il cosiddetto “detrimento sanitario”, ovvero per la somma dei tre effetti considerati.

Se applichiamo questi coefficienti, possiamo arrivare a queste stime, su maggiori insorgenze di effetti radioindotti da DU rispetto alla normalità nella popolazione dei Balcani, nei prossimi 50 anni:

Tumori letali	2100 - 4200
Tumori non letali	420 - 840
Effetti ereditari evidenti	550 - 1100

Tabella 4.13 – Stime insorgenze effetti stocastici per DU sporco

Tumori letali	1300 – 2600
Tumori non letali	260 – 520
Effetti ereditari evidenti	340 – 680

Tabella 4.14 – Stime insorgenza effetti stocastici per DU pulito

È possibile pertanto affermare, a conclusione della nostra indagine, che il numero di maggiori insorgenze tumorali nella popolazione balcanica può essere stimato fra i 2000 ed i 5000 casi in più rispetto al normale, sui prossimi 50 anni.

E' possibile commentare questi dati e questa ultima affermazione, asserendo che, come quasi sempre in questi casi, si tratta di numeri sia grandi che piccoli.

- Sono numeri grandi in assoluto, poiché si parla di migliaia di esseri umani affetti da tumore.
- Sono ancora numeri grandi, confrontati con altri eventi gravi di tipo radiologico. Si stima che il numero totale di tumori causato dall'evento di Chernobyl ammonti, secondo le stime ufficiali o di organi scientifici accreditati, a valori che oscillano fra il migliaio e sotto la decina di migliaia. Se si dà poco credito alle stime ufficiali, si può fare riferimento alle stime di Greenpeace che parlano di alcune migliaia di morti.
- Sono tuttavia numeri piccoli, se pensiamo che, su una popolazione di dieci milioni di persone, il normale rateo di insorgenza di tumori è di circa 20.000 morti ogni anno, mentre qui si parla di al massimo 4200 morti in 50 anni, ovvero in media 50-100 morti in più all'anno, dato statistico irrilevabile su un totale dell'ordine delle decine di migliaia.
- Sono ancora numeri piccoli, se pensiamo a tutte le altre cause di esposizione ad agenti cancerogeni di tipo chimico che la guerra nei Balcani ha provocato, che sicuramente altereranno i dati epidemiologici rispetto alla normalità in maniera ben più ampia dell'uranio impoverito. Per non parlare delle peggiorate condizioni di vita, di alimentazione e sociali (si pensi alla sanità), che incideranno notevolmente sulle statistiche di mortalità da tumore.
- Per questi ultimi due motivi, appare difficile, attraverso semplici indagini di tipo epidemiologico, riuscire a distinguere una maggior insorgenza di tumori, a livello statistico di

tumori totali, nella popolazione dei Balcani, che sia attribuibile chiaramente all'uranio impoverito.

- Occorrerebbe riuscire ad individuare sottogruppi non esigui di relativamente alto-irraggiati da DU, e confrontarne le statistiche epidemiologiche – che dovrebbero essere assai precise e durature nel tempo - con contemporanei gruppi di non irraggiati, omogenei per età, abitudini sociali, patrimonio genetico.
- Per migliorare le possibilità di successo di una tale indagine, è raccomandabile, data la particolare forma di esposizione che caratterizza il DU, concentrare l'attenzione su alcune patologie, quali ad esempio il linfoma di Hodgkin o certi tumori liquidi, per i quale l'incidenza del DU può senz'altro essere più rilevante e quindi rilevabile statisticamente.