

**Zeitschrift:** Rivista militare della Svizzera italiana  
**Herausgeber:** Lugano : Amministrazione RMSI  
**Band:** 83 (2011)  
**Heft:** 5

**Rubrik:** Equipaggiamento e armamento

#### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 19.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# La minaccia dei missili balistici e le possibilità di difesa (1° parte)

TESTO ING. FAUSTO DE MARCHI

## Prefazione

*La minaccia di missili balistici è concreta e non da sottovalutare. Tutte le misure difensive che s'impongono devono essere prese in considerazione entro breve tempo, realizzate e rese operative a medio termine. Sarà tuttavia necessario sottoscrivere accordi e collaborazioni internazionali, poiché una "via solitaria" per la difesa della Svizzera da questo tipo di minaccia è davvero difficile.*

*È questo il concetto di base espresso dal Comandante delle Forze aeree svizzere Markus Gygax. Già nel mese di luglio del 2010 egli rilasciava al giornale "Der Sonntag" un'intervista in cui diceva tra l'altro:*

*... "Die Schweiz wird schon im laufenden Jahrzehnt in den Einflussbereich von Lenkwaffen kommen (leggì missili balistici), die ausserhalb Europas in Richtung Europa katapultiert werden können. Wir benötigen deshalb eine Lenkwaffenabwehr"*

*Per Gygax la minaccia del nostro paese diverrà concreta quando i missili raggiungeranno i 3'000 (km) di gittata. Da quel momento il nostro paese sarà più vulnerabile e potrà subire ricatti di natura politica o economica. Il pericolo non è tanto rappresentato da singoli Stati, ma piuttosto da organizzazioni terroristiche o mafiose alla ricerca continua delle armi più performanti. Sempre citando Gygax: ... "Nehmen sie konkret die Taliban. Das ist auch eine Art Organisation, und solche Organisationen wollen auch wirtschaftlichen Nutzen aus Ihren Operationen ziehen. Mit entsprechender Bewaffnung kann man eine Bedrohung aufbauen und andere erpressen. Wir haben keine Ahnung, was nur in einem Jahr geschieht, geschwiegen was in fünf oder zehn Jahren wird. Deshalb müssen wir gemeinsam mit Europa ein adäquates Lenkwaffenabwehrsystem aufbauen. Alleingang wäre eine wirksame Abwehr für die Schweiz wohl schwierig." [1]*

Tutti questi concetti il Comandante Gygax li ha ripetuti più volte negli ultimi mesi: una ragione in più per proporre l'argomento ai nostri lettori, approfondendone alcuni aspetti. Lo faremo in due articoli nei prossimi due numeri.

Nel primo articolo ci occuperemo soprattutto delle caratteristiche tecniche di un missile balistico, le sue peculiarità, dando particolare risalto alla carica militare racchiusa nella sua ogiva (o cono di punta) che rappresenta la vera minaccia d'ogni attacco missilistico. Metteremo pure in evidenza come la Svizzera si trovi oggi completamente impreparata a fronteggiare questa minaccia

Nella seconda parte ci occuperemo dei mezzi difensivi tuttora operativi o in via di sviluppo. Saranno analizzate le possibilità difensive dell'Europa e della Svizzera in particolare da ipotetici attacchi con missili balistici provenienti dal Medioriente. Infine cercheremo di valutare i programmi missilistici in Iran e Corea del Nord,

Nel limite del possibile non ci limiteremo a enunciare verbalmente questa o quella considerazione, ma cercheremo di rafforzare le tesi con risultati numerici comprovati, provenienti da osservazioni di lanci oppure da simulazioni al computer con modelli matematici sviluppati all'estero, in particolare da centri di ricerca e d'analisi in Germania e in Austria. In questi due paesi il tema dei missili balistici è seguito con molta attenzione e da diversi anni, certamente in modo più approfondito che non in Svizzera. Ad esempio il 17 febbraio 2010 si è tenuto a Vienna un simposio internazionale tra specialisti dal titolo "Workshop zur Raketenabwehr", dal quale provengono diverse riflessioni presentate in queste righe. Ringraziamo l'Ufficio ministeriale Amt für Rüstung und Wehrtechnik della Bundesheer austriaco per averci accordato in modo speditivo e non burocratico l'autorizzazione a riportare nella nostra rivista le conclusioni più interessanti del simposio.

### Il missile balistico

Una breve premessa: chiameremo "missili balistici", e non con il termine comune di "razzi", tutti quegli ordigni di piccole o grandi dimensioni con testate militari e propulsori a razzo, che, lanciati da un punto qualsiasi della terra eseguono un volo balistico (sottomesso cioè alle sole leggi gravitazionali) e che, cadendo su un altro punto del globo distante anche migliaia di chilometri dal punto di partenza, possono causare ingentissimi danni. Il termine "missile" sta a indicare l'intero "oggetto volante" con la presenza di un sistema di guida, mentre "razzo" lo riserveremo unicamente per indicare il sistema propulsivo.



Il missile indiano Agni III con testata nucleare

Il missile balistico è essenzialmente un'arma offensiva. Può essere utilizzato contro obiettivi militari (come un obice d'artiglieria), ma spesso e volentieri è impiegato contro agglomerati urbani, quindi con l'intento di far strage di civili e di distruggere infrastrutture. Se la sua testata non è di tipo "convenzionale", ma nucleare, biologica o chimica (NBC) diviene un'arma di distruzione di massa, con conseguenze gravissime per chi subisce l'attacco. Va notato che le conoscenze tecnologiche necessarie per realizzare un missile balistico sono note e accessibili anche a paesi non altamente industrializzati: ne fanno un esempio, la Corea del Nord, l'Iran o il Pakistan.

Uno dei vantaggi tattici del missile balistico è rappresentato dal fatto che le possibilità di difesa sono limitate, una

situazione che si protrae ormai da decenni. Già 70 anni fa, quando infuriava la seconda guerra mondiale e le V2 tedesche colpivano le città inglesi, non esistevano mezzi in grado d'intercettare le V2 in volo. Oggi esistono alcuni (ma pochi) sistemi di difesa: altri più performanti sono in via di sviluppo. I sistemi di difesa terrestri oggi esistenti sono in grado d'intercettare unicamente missili balistici di corta gittata (fino a circa 1'000 km), alcuni anche un po' oltre, fino a circa 1'500 (km), nella categoria dei missili balistici a media gittata. Ma contro i missili a lunga gittata, che rappresentano il vero pericolo per l'Europa rimaniamo indifesi. Gli Stati Uniti stanno sviluppando programmi per fronteggiare questo tipo di minaccia, ma siamo agli inizi. Ci vorranno ancora diversi anni e molto denaro prima di realizzare un "ombrellino" protettivo anti-missile sull'Europa: tuttavia la strada da percorrere è già stata indicata. Questi argomenti saranno trattati più approfonditamente nella seconda parte dell'articolo.

Va sottolineato che in questo contesto useremo il termine "difesa" per pura semplicità: esso è infatti da interpretare come "difesa attiva", ovvero l'intercettazione e la distruzione del missile balistico in volo, prima che raggiunga l'obiettivo al suolo oppure durante la fase di rientro negli strati bassi dell'atmosfera, riducendo così gli effetti devastanti della testata militare. Non tratteremo altri metodi di difesa esistenti, come ad esempio le misure "passive" (protezione civile) oppure le operazioni militari preventive, (denominate "counter air"), cioè attacchi aerei contro le rampe di lancio del nemico prima del loro impiego.

### Alcune considerazioni tecniche

I missili balistici si suddividono in diverse categorie, secondo la loro gittata massima, come indicato dalla tabella sottostante. Le suddivisioni e le abbreviazioni inglesi sono oggi riconosciute e usate correntemente da tutti gli specialisti.

Classificazione dei missili balistici		
Appellativo		Gittata
Italiano	Inglese	(km)
corta (gittata)	SRBM = Short Range Ballistic Missile	100 - 1'000 (*)
media	MRBM = Medium Range Ballistic Missile	1'000 - 2'500
lunga	IRBM = Intermediate Range Ballistic Missile	2'500 - 3'500
	LICBM = Limited Range Intercontinental Ballistic Missile	3'500 - 8'000
	ICBM = Intercontinental Ballistic Missile	oltre 8'000

(\*): Gittate inferiori ai 100 (km) sono da considerare piuttosto della munizione d'artiglieria convenzionale.

10 esempi di missili balistici oggi operativi:

Sigla	Paese di origine	Entrata in servizio	Categoria	Peso al lancio (to)	Gittata massima (km)	vettori / propellente / configurazione (*)
SS-1 Scud-B	Russia	1964	SRBM	5.9	300	1 / liquido / integrale
SS-26 Iskander	Russia	1999	SRBM	3.8	300	1 / solido / integrale
No-Dong-1	Nord Corea	1997	MRBM	15.8	1'300	1 / liquido / RV
DF-21 (CSS-5)	Cina	1991	MRBM	14.7	1'800	2 / solidi / RV
Shahab-3B	Iran	2003	MRBM	17.0	1'900	2 / solido + liquido / RV
Agni III	India	2010	IRBM	48.0	4'500	2 / solidi / RV
M-45	Francia	1996	IRBM	35.0	6'000	3 / solidi / RV
Peacekeeper	USA	1986	ICBM	87.7	9'600	3 / solido + liquido / RV
SS-27 Topol-M	Russia	1988	ICBM	47.2	11'000	3 / solidi / RV
Dong Feng 5A	Cina	1986	ICBM	183.0	15'500	2 / liquido / RV

(\*): Per "configurazione" s'intende la forma del missile prima dell'impatto.

Si distinguono due casi. "Integrale", quel missile cioè che nella fase terminale del volo possiede la stessa configurazione di partenza (quindi non si è separato in precedenza dagli stadi propulsivi), oppure "RV" (= Reentry Vehicle), quel missile cioè che nella fase terminale del volo è costituito soltanto dall'ogiva superiore contenente la testata militare (quindi si è separato in precedenti dagli stadi propulsivi).

La tabella si presta ad alcune considerazioni.

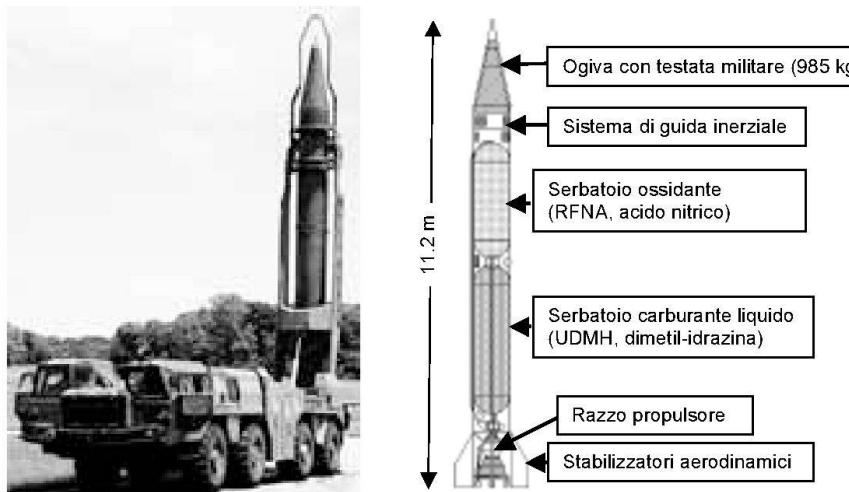
Anzitutto va rilevato che i dieci missili della tabella rappresentano un campionario molto ridotto rispetto al numero complessivo di modelli esistenti: si stima che ne esistano più di cento.

Tutti i missili balistici indicati nella tabella vengono lanciati da terra, ad eccezione del francese M-45 che è un missile strategico nucleare lanciato da sottomarini.

I valori della gittata massima e del peso iniziale sono indicativi. Possono variare, anche di parecchio, secondo la versione del missile e il peso della testata.

Le categorie dei missili a lunga gittata sono considerate "strategiche"; essi sono per lo più dotati di testate nucleari, singole o multiple. Quelli con gittate inferiori ai 3'500 (km) sono invece considerati "tattici".

Molti missili a corta gittata (SRBM) hanno conosciuto in passato una notevole proliferazione. Il caso più evidente è quello della famiglia degli "Scud", missili russi che furono esportati in ben 32 paesi. Ad esempio il modello Scud-B fu esportato in Afghanistan, Bulgaria, Cecoslovacchia, Corea del Nord, ex-DDR, Egitto, Iran, Iraq, Libia, Polonia, Romania, Siria, Ungheria, Vietnam e Yemen. Molti di essi subirono poi modifiche da parte dell'acquirente per ottenere gittate più lunghe oppure per soddisfare proprie esigenze militari.



Scud-B in posizione di lancio

Componenti principali

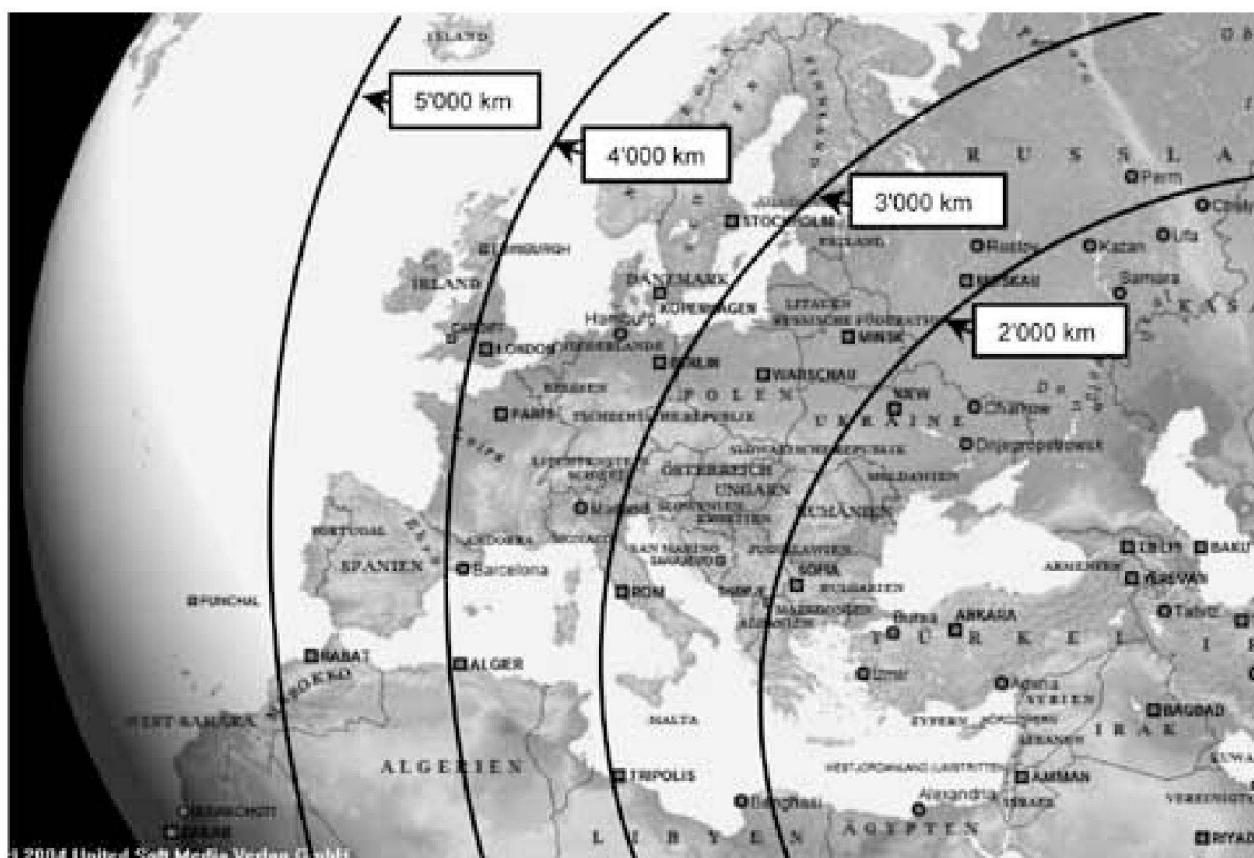
## Equipaggiamento e armamento

La scelta del propulsore segue criteri tecnici e tattici non sempre evidenti. In generale missili balistici a lunga gittata usano di preferenza carburante liquidi, quelli a corta gittata propulsori solidi. Ma non si tratta di una regola fissa. I propulsori solidi (rispetto a quelli liquidi) sono più sicuri, meno pericolosi alla manipolazione e la preparazione a un lancio è più breve. Per contro, i propulsori liquidi (rispetto ai solidi) sono, a parità di volume, un po' più efficienti.

Per raggiungere la gittata massima, un missile balistico deve bruciare tutto il combustibile dei serbatoi. In questo caso, al termine della fase propulsiva, il missile raggiunge la sua velocità massima. Esiste una sola traiettoria che permette di raggiungere la gittata massima. Se si desidera ridurre la gittata del missile (è un caso molto comune poiché un bersaglio si trova in generale a una distanza inferiore alla gittata massima), una possibilità consiste nell'interrompere l'alimentazione del carburante nel razzo durante la fase propulsiva o ridurre la quantità nei serbatoi. In questi casi la velocità del missile non raggiungerà quella massima, e di conseguenza la gittata sarà ridotta. Quest'operazione è più semplice da realizzare con il carburante liquido che non con quello solido.

L'Iran sta sviluppando un programma di missili balistici sempre più performanti. Venti anni fa possedeva unicamente missili balistici con una gittata massima attorno ai 300 km, derivati dagli Scud russi. Oggi possiede cinque altri modelli di missili balistici per scopi militari, l'ultimo del quale, il Sejil-2, ha un raggio d'azione di oltre 1'900 (km); quindi fa parte della categoria dei missili di media gittata. Come riferito dalla rivista Aviation Week & Space Technology [2] nel mese di febbraio di quest'anno l'Iran ha eseguito un test con il Sejil-2. Lanciato dalla località di Senman, nel nord del paese, esso andò a inabissarsi nell'oceano indiano a sud dello stretto di Hormuz. Sejil-2 rappresenta una minaccia per Israele, ma anche alcune città europee come Atene e Bucarest che si trovano "sotto tiro". Il 2 febbraio 2009 l'Iran ha messo in orbita un satellite artificiale di piccole dimensioni e peso (27 kg), utilizzando un nuovo vettore a tre stadi denominato Safir. Con questi lanci, ma anche con altri precedenti, l'Iran ha dimostrato di possedere ottime conoscenze missilistiche, in particolare quella che permette la separazione e l'accensione dei diversi stadi in volo: un'operazione considerata da esperti non priva di difficoltà.

La rivista Jane's Intelligence [3], già dieci anni fa, pubblicò la cartina riportata nella fig. 3. Essa mostra i paesi e le città europee che potrebbero divenire bersaglio da parte di futuri missili iraniani a media e lunga gittata.



La minaccia di paesi europei da parte di possibili missili balistici iraniani futuri

Come si riconosce facilmente, con una portata un po' oltre le 3'000 (km) anche la Svizzera rimarrebbe "sotto tiro" e con un missile di 5'000 (km) tutta l'Europa sarebbe raggiungibile da un ipotetico missile iraniano a lunga gittata.

Ha quindi ragione il Comandante delle Forze aeree Markus Gygaz quando asserisce che la Svizzera potrebbe essere minacciata da missili balistici con gittate di 3'000 (km), o un po' oltre. Ovviamente egli limita le sue considerazioni allo scenario mediorientale e si preoccupa, a ragione, del programma missilistico iraniano. Infatti, l'Iran potrebbe, fra una decina d'anni, produrre missili a lunga gittata. Ma non possiamo dimenticare che tutta l'Europa (e quindi anche la Svizzera) si trova già da decenni attorniata da missili balistici che potrebbero colpirla in ogni momento. Basti pensare al potenziale missilistico russo e statunitense e, più di recente, a quello cinese.

### **Le testate militari**

Si distinguono tra quelle con cariche convenzionali da quelle di distruzione di massa, suddivise a loro volta in nucleari, batteriologiche e chimiche. Il peso delle testate, indipendentemente dalla categoria, varia tra i 300 e i 1'000 (kg).

#### **Testata "convenzionale"**

Theoricamente tutte le categorie di missili balistici possono essere armati con una testata convenzionale, ma in pratica ciò avviene soltanto per quelli tattici. I danni alle strutture e alle persone, causati da questi ordigni, sono relativamente circoscritti. Essi dipendono essenzialmente dalla quantità d'esplosivo e dalla distanza dal punto d'impatto: sono da ricondurre essenzialmente all'onda d'urto e alle schegge e detriti lanciati a raggiera. Esistono formule (empiriche), dedotte da analisi d'esplosioni in centri di ricerca e in casi concreti, che permettono di calcolare con buona precisione i danni provocati dall'esplosivo di missili balistici, sia sugli edifici sia sulle persone.

Esempio: testata con 500 (kg) di TNT

#### **Effetto sugli edifici**

Danni totali in un cerchio con:	25 metri di diametro
Danni importanti tra:	25 e 50 metri dal punto d'impatto
Danni leggeri tra:	50 e 90 metri (fino a 150 m) dal punto d'impatto

#### **Effetto sulle persone**

100% di mortalità in un cerchio con:	65 metri di diametro
50% di mortalità tra:	65 e 90 metri dal punto d'impatto
10% di mortalità tra:	90 e 125 metri dal punto d'impatto
Si stima in generale un numero di feriti pari a 2 – 4 volte quello dei morti.	

Questi valori valgono se si assume che gli edifici sono costruiti in cemento e per le persone che si trovano all'aperto, senza alcuna protezione.

Il fattore fondamentale per riuscire a causare il maggior danno possibile al nemico, attaccandolo con missili balistici a testata convenzionale, è la precisione. Un errore all'impatto di poche decine di metri significa spesso un insuccesso. I nostri lettori ricorderanno forse gli attacchi missilistici dell'Iraq contro Israele durante il conflitto del Golfo nel 1991. Allora l'Iraq di Saddam Hussein lanciò in totale 81 missili balistici a testate convenzionali contro Israele. Si trattò per lo più del missile del tipo "Al Hussein", una versione modificata e potenziata dello Scud-B, con circa 600 (km) di gittata massima. Moltissimi di questi attacchi fallirono: una parte dei missili si spezzò in volo, un'altra finì in mare o in zone desertiche, altri ancora furono intercettati e distrutti in volo dal sistema antimissile statunitense Patriot. Ma alcuni, in verità pochi, raggiunsero l'obiettivo (agglomerati urbani), facendo però danni limitati e nessuna vittima a causa dell'imprecisione del missile. Nondimeno il timore che le testate fossero chimiche destò nella popolazione israelita panico e ricordi traumatici dell'olocausto.

#### **Testata "chimica"**

Sono già passati 23 anni quando il 16 marzo 1988 una dozzina di caccia-bombardieri iracheni sganciarono sulla città di Halabja, nel nord del paese, bombe chimiche. In poche ore i gas nervini Sarin e VX uccisero 5'000 civili, comprese donne e bambini, di etnia curda e assira: altre 10'000 persone subirono gravi ferite. Si trattò del più grave attacco criminale con armi chimiche perpetrato da un esercito regolare negli ultimi decenni. Il Sarin fu pure usato nell'attentato terroristico nella metropolitana di Tokio del 1995 che provocò la morte di 11 persone.

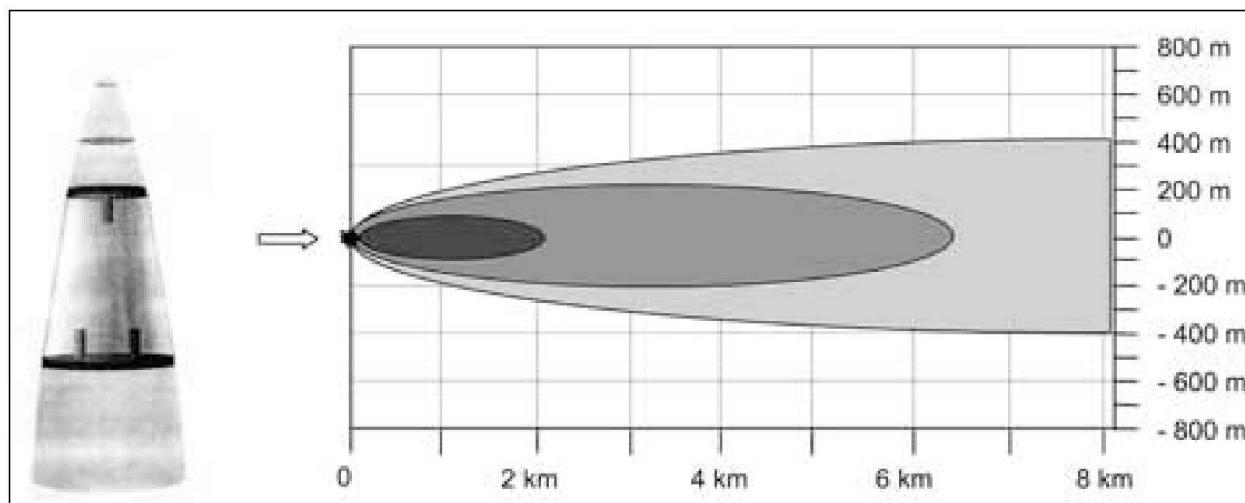
## Equipaggiamento e armamento

A parte i gas tossici impiegati nel primo conflitto mondiale, gli agenti chimici più usati e pericolosi sono stati sviluppati negli anni 30 del secolo scorso e durante la seconda guerra mondiale. I più noti sono cinque: gas cloro, gas mostarda (iprite), sarin, soman e VX. Tra questi agenti chimici esistono grosse differenze riguardo alla loro tossicità; si va dal meno tossico (gas cloro) al più micidiale (VX). Se si prende la relativa tossicità del gas cloro come referenza, si ottiene la seguente gradazione di tossicità:

gas tossico	relativa tossicità
Gas cloro	1 Valore di referenza
Iprite	13
Sarin	200
Soman	400
VX	2'000

Le testate chimiche nei missili balistici si suddividono in pratica in due categorie; quelle con un singolo contenitore e quelle multiple o a grappolo, cioè con più contenitori di forme cilindriche o sferiche. Va notato che la testata singola esplode all'impatto con il suolo mentre quella multipla, per ottenere un maggior effetto, espelle i contenitori e il gas nervino in quota, di norma tra i 1'000 e i 5'000 metri d'altezza. Ovviamente le condizioni atmosferiche e il vento in particolare giocano un ruolo essenziale nella dispersione dei gas.

Esempio 1: testata chimica singola al gas nervino Sarin e diagramma di dispersione della nuvola tossica dopo 1 ora dall'impatto.



Testata chimica unica (gas Sarin) e diagramma di dispersione

Condizioni di validità del diagramma di dispersione al suolo:

- Agente chimico: Sarin
- Quantità di gas: 550 (kg)
- Punto di detonazione: al suolo
- Velocità del vento: 3 (m/s)
- Dispersione della nuvola tossica: 60 (min) dopo l'impatto
- Dosi di concentrazione e superficie contaminata



Dose: 4 (mg min/m<sup>3</sup>)

Superficie: 550 (ettari)



Dose: 10 (mg min/m<sup>3</sup>)

Superficie: 240 (ettari)

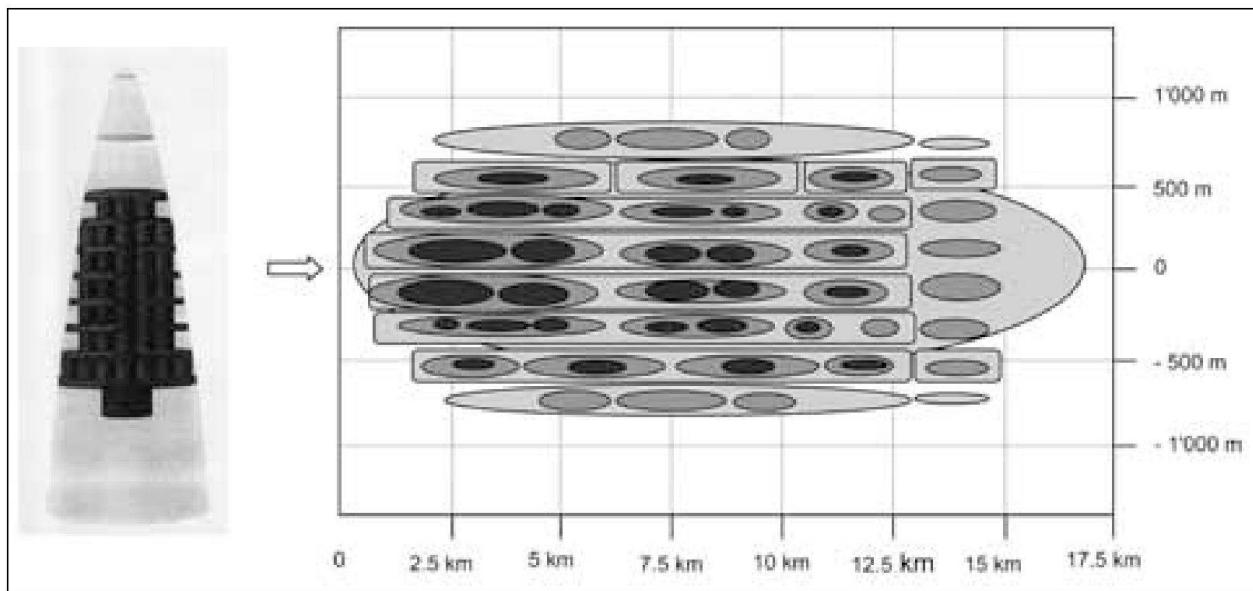


Dose: 50 (mg min/m<sup>3</sup>)

Superficie: 28 (ettari)

Da notare che le unità di misura sull'asse orizzontale e verticale non sono uguali per cui il diagramma d'espansione del gas risulta deformato rispetto alla realtà.

Esempio 2: testata chimica multipla al gas nervino Soman e diagramma di dispersione della nuvola tossica dopo 3 ore dall'attacco.



*Testata chimica multipla (gas Soman) e diagramma di dispersione*

Condizioni di validità del diagramma di dispersione al suolo:

- Agente chimico: Soman
- Quantità di gas: 550 (kg)
- Altezza d'espulsione del gas: 4'000 (m/suolo)
- Velocità del vento: 10 (m/s)
- Dispersione della nuvola tossica: 180 (min) dopo la liberazione del gas nell'atmosfera
- Dosi di concentrazione e superficie contaminata

	Dose: 5 (mg min/m³)	Superficie: 2'340 (ettari)
	Dose: 15 (mg min/m³)	Superficie: 1'435 (ettari)
	Dose: 50 (mg min/m³)	Superficie: 630 (ettari)

Anche in questo esempio le unità di misura sull'asse orizzontale e verticale non sono uguali per cui il diagramma d'espansione del gas risulta deformato rispetto alla realtà.

Inalare una dose di 50 (mg min/m<sup>3</sup>) di Soman significa provocare sintomi letali nel 50% dei casi, cioè mediamente il decesso di una persona su due. Una dose 10 volte inferiore, ovvero di 5 (mg min/m<sup>3</sup>), causa mediamente il decesso di due persone su cento. È facile intuire come uno scenario d'attacco diurno al gas Soman contro un centro urbano molto popolato, simile all'esempio (vedi i 630 ettari contaminati con dosi molto elevate), possa provocare migliaia di vittime nel giro di poche ore.

#### Testata "batteriologica"

L'arma biologica (conosciuta anche come arma batteriologica) si avvicina oggi, in termini di letalità e danni ambientali, a quella nucleare. La guerra biologica è l'uso di malattie per ferire o uccidere forze militari nemiche e la popolazione civile, infettando aria, cibo e acqua. L'agente batteriologico comprende ogni microrganismo vivente, virus o sostanza bioattiva prodotta da un microrganismo che può essere rilasciato da testate belliche. Alcuni esempi: Hanta, Ebola, Encefalite equina venezuelana VEE, Vibrio colera. Rispetto a quella chimica l'agente batteriologico contamina l'ambiente, le acque e il terreno in modo molto più persistente. Sono sufficienti pochi grammi di tossine per uccidere centinaia di migliaia, forse milioni, di persone a un costo irrisorio. Inoltre ogni nazione con un'industria farmaceutica e medica ragionevolmente avanzata ha la capacità di produrre armi biologiche in grossi quantitativi. Per questo motivo l'arma biologica è chiamata anche la "bomba atomica dei poveri", per sottolineare il fatto che anche paesi in via di sviluppo sono in grado oggigiorno di fabbricare e produrre ordigni di distruzione di massa a base d'agenti batteriologici.

Come fatto notare nel documento [4] i primi a usare l'arma biologica furono ... gli antichi romani che utilizzavano carcasse di animali morti per inquinare le riserve d'acqua potabile del nemico. Molto secoli dopo, nel 1931, furono i giapponesi a farne uso durante la loro guerra d'espansione in Manciuria. Nel 1941 aerei giapponesi sparsero la peste bubbonica su parti della Cina; cinque episodi separati sono stati documentati. La guerra biologica divenne una realtà ancora più terribile quando furono scoperte le spore d'antrace negli anni del secondo conflitto mondiale. Già nel 1942 gli inglesi condussero esperimenti di laboratorio con questo agente. Per meglio conoscere la diffusione dell'agente nell'atmosfera si decise di lanciare bombe convenzionali con spore d'antrace sull'isola Gruinard, al largo delle coste scozzesi. Si pensava che l'isola fosse abbastanza distante da prevenire qualsiasi contaminazione della terraferma: un'ipotesi che si rivelò purtroppo sbagliata. I dati ottenuti furono usati sia dalla Gran Bretagna sia dagli Stati Uniti per sviluppare ordigni batteriologici più efficaci. Dopo un'epidemia di antrace tra il bestiame sulle coste scozzesi, nel 1943 i britannici decisamente d'interrompere definitivamente gli esperimenti. Per decontaminare l'isola si pensò d'appiccare un incendio che avrebbe dovuto bruciare tutto il suolo uccidendo gli organismi. Sfortunatamente le spore erano già penetrate nel sottosuolo per cui l'operazione non portò i risultati desiderati. Ancora oggi l'isola Gruinard è considerata come contaminata. I programmi USA di guerra biologica iniziarono nel 1942. Con l'acquisizione di dati giapponesi e inglesi e con l'aumento delle tensioni con l'USSR durante la guerra fredda, il programma statunitense fu fortemente accelerato negli anni postbellici. Nel 1956 l'Unione Sovietica accusò gli Stati Uniti d'aver utilizzato armi biologiche durante il conflitto coreano. La ricerca e la sperimentazione da parte dei militari continuarono per molti anni, soprattutto al centro di Fort Detrick per testare "agenti biologici surrogati". Nel 1966 fu liberato nella metropolitana di New York City il Bacillus subtilis per determinare quanto fosse vulnerabile la rete di treni ad attacchi terroristici. I risultati mostrarono che l'intera rete di tunnel sotterranei poteva essere infettato mediante il rilascio dell'agente batterico da una sola stazione a causa delle correnti d'aria generate dai treni in corsa. Gli Stati Uniti si resero conto d'essere vulnerabili all'arma batteriologica, senza saper opporre contromisure efficaci. I programmi di sperimentazioni negli USA terminarono nel 1969. Nella ex-USSR i programmi di ricerca riguardanti la guerra batteriologica furono condotti nella più assoluta riservatezza. Nel 1979 vi fu però un'esplosione nei laboratori di Sverdlovsk, una città siberiana a 1'300 (km) da Mosca, con fuoriuscita d'antrace che causò almeno una quarantina di vittime e un numero impreciso di feriti. All'epoca ogni accusa di ricerca sulle armi batteriologiche venne respinta dai dirigenti sovietici con la spiegazione che epidemie di queste genere possono accadere anche naturalmente e che l'esplosione era solo una coincidenza. Ma alcuni superstiti dell'esplosione e l'autopsia sui cadaveri contraddiranno la versione "ufficiale" confermando che effettivamente a Sverdlovsk venivano eseguiti ricerche ed esperimenti batteriologici.

Il 10 aprile 1972 venne adottata a Londra, Mosca e Washington una convenzione per il "divieto di messa a punto, produzione e stoccaggio di armi batteriologiche (biologiche) o a base di tossine e la loro distruzione" e che dava seguito al vecchio Protocollo di Ginevra del 17 giugno 1925 nel quale si proclamava il "divieto d'impiego in guerra di gas asfissianti, tossici e similari e di mezzi batteriologici".

Per fortuna, oltre ai vari divieti delle convenzioni internazionali, gli svantaggi di una guerra batteriologica sono importanti ed evidenti da rendere l'utilizzo assai improbabile, anche se non da escludere completamente. In primo luogo a causa dell'imprevedibilità e dell'incontrolabilità nell'uso (il vento non spira sempre nella direzione voluta e gli uccelli non rimangono sempre nelle zone contaminate), poi anche dalla pericolosità nella preparazione e nella produzione degli agenti batteriologici e infine dall'orrore che un suo impiego arrecherebbe alla popolazione civile (con il rischio di una violenta ritorsione su scala mondiale contro il paese che ne facesse uso).

### Testata "atomica"

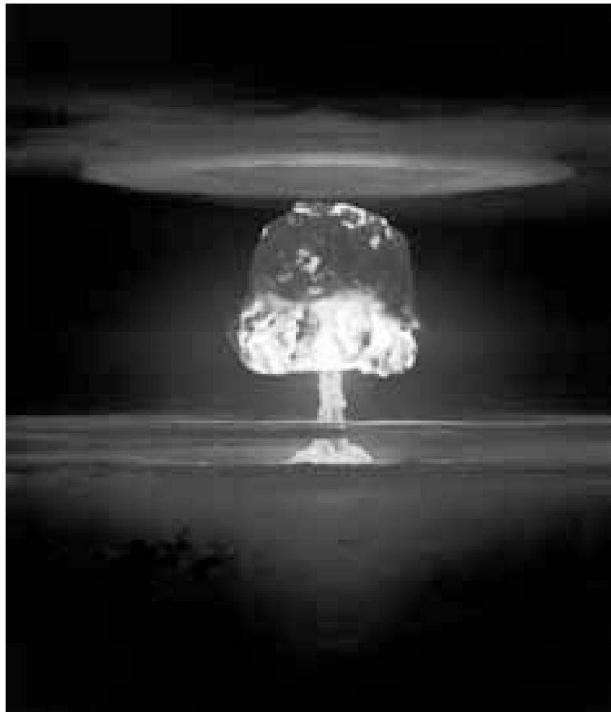
L'arma atomica non richiede particolari considerazioni. Nota dal 1945 (Hiroshima e Nagasaki) è argomento in questi tempi di costanti discussioni, da quando cioè l'Iran ha iniziato un programma d'arricchimento dell'uranio che potrebbe sfociare nella fabbricazione d'ordigni nucleari. La potenza distruttiva degli ordigni A e H è ormai conosciuta in tutti i particolari e non necessita quindi d'altre precisazioni in questa sede. Per contro è interessante soffermarsi sulla proliferazione e sui programmi di disarmo nucleare.

Secondo le stime effettuate dal Natural Resources Defense Council e pubblicate in [5] si stima che a fine 2010 vi fossero al mondo circa 22'600 testate nucleari, il 95% delle quali negli arsenali statunitensi e russi. Se si pensa però che negli anni 80 del secolo scorso questa cifra raggiunse il picco di 69'000 si può senz'altro dire che la riduzione degli ordigni è stata rilevante. Ora è entrato in vigore il trattato di Praga del 2010 tra Stati Uniti e Russia che permetterà una nuova forte riduzione delle armi strategiche offensive. Il trattato, denominato "New START" (Strategic Arms Reduction Treaty), è stato firmato a Praga l'8 aprile 2010. Esso sostituisce i vecchi START-1 e START-2 nonché il trattato SORT, scaduto nel 2009. Per le due potenze militari sono stati fissati i seguenti limiti:

- un massimo di 1'500 tra testate e bombardieri nucleari,
- un massimo di 700 vettori nucleari e di altri 100 supplementari di riserva,
- proibizione delle testate multiple (MIRV).

La durata del trattato è di 10 anni a partire dalla data d'entrata in vigore ed è rinnovabile per ulteriori 5 anni, se non vi sarà nel frattempo un nuovo accordo. Il trattato definisce anche le modalità d'ispezione dei siti. L'accordo è stato approvato dal Senato americano il 22 dicembre 2010. La Duma e il Consiglio delle Federazioni russe approvarono pure il trattato nel corso di gennaio 2011, e lo stesso fu ratificato da ambedue i paesi il 5 febbraio 2011 entrando quindi in vigore. La riduzione reciproca degli armamenti nucleari avverrà verosimilmente nei prossimi 7 anni.

Se tra USA e Russia la riduzione degli arsenali atomici prosegue con risultati soddisfacenti, per altri nazioni la questione di una loro limitazione o riduzione non si pone nemmeno.



*Esperimento nucleare nell'atmosfera, USA 1954*

In totale nove paesi al mondo sono detentori dell'arma nucleare (USA, Russia, Gran Bretagna, Francia, Israele, Cina, India, Pakistan e Corea del Nord). L'ex direttore dell'Agenzia atomica AIEA, Mohamed El Baradei, ritiene però che almeno 40 altri stati sarebbero oggi in grado di produrre l'arma atomica. I timori per una proliferazione dell'atomica sembrano quindi giustificati. Uno stato che ha le capacità tecnologiche (e la materia prima) per la loro fabbricazione è senz'altro l'Iran. Altri paesi, detentori dell'arma atomica come il Pakistan, vivono in un sistema politico instabile; il pericolo in questi casi è rappresentato dalla possibilità che testate nucleari sfuggano al controllo governativo e finiscano in mano a gruppi terroristici. La Corea del Nord infine, con circa 10 testate nucleari, è governata in modo assolutistico da un dittatore imprevedibile e minaccioso.

Insomma, debellare il mondo dalla minaccia dell'arma nucleare rimane per ora una chimera.

Un'ultima considerazione generale sulle testate militari dei missili balistici. Se si vuole distruggere un determinato obiettivo (ad esempio un ponte, edificio, nodo ferroviario, centrale elettrica o altro), diciamo a 2'000 km di distanza, con un missile balistico a testata convenzionale è necessario dotare il missile di un sistema

di guida preciso: in questi casi l'errore tollerabile è dell'ordine di una decina di metri o poco più. Se si vuole causare a un paese, a 2'000 km di distanza, il maggior danno possibile con un numero elevato di vittime, allora si armerà la testata con un ordigno di distruzione di massa. In questo caso la precisione giocherà un ruolo secondario, poiché il raggio di distruzione molto ampio della testata supplirà alla mancanza di precisione. In altre parole il fabbricante del missile balistico potrà permettersi d'installare nel missile un sistema di guida assai rudimentale, poco costoso, facilmente reperibile sul mercato o realizzabile anche da paesi non altamente industrializzati.

## Il volo del missile balistico

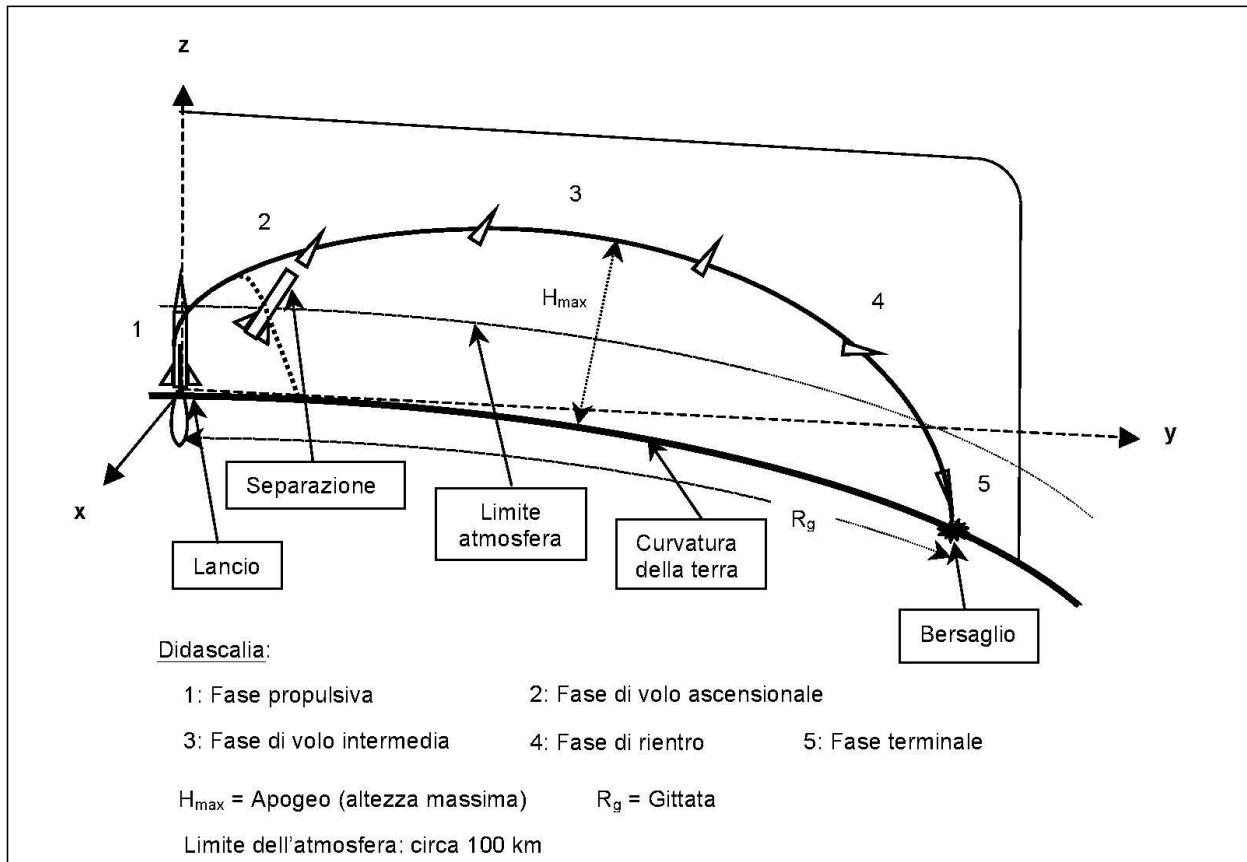
Il missile balistico è un'arma autonoma: non necessita cioè di stazioni di controllo al suolo o ancor meno nello spazio. Il volo è programmato in anticipo, prima del lancio. La traiettoria non richiede correzioni particolari, se non nella fase iniziale e terminale. Per portare a termine con successo un attacco basta conoscere pochi dati: le coordinate del punto di partenza e quelle del bersaglio prescelto. È anche indispensabile definire l'inclinazione angolare che il missile deve assumere subito dopo la partenza. Questa inclinazione determina il tipo di traiettoria (vedi più in basso). Con questi pochi dati un semplice programma numerico calcola la gittata, la direzione di lancio e la durata del volo. Ovviamente il programma deve tener conto d'altri fattori, come ad esempio lo spostamento del bersaglio dovuto alla rotazione della terra. Un effetto di capitale importanza, poiché quasi tutti i missili volano nello spazio, come mostrato dal seguente esempio.

Un ipotetico missile balistico a lunga gittata (a due stadi) che fosse lanciato da Teheran per colpire la città di Zurigo percorrerebbe una distanza di 3'857 (km). La durata del volo si aggirerebbe attorno ai 1'700 secondi (28 minuti), 1'600 dei quali (26 minuti) fuori dall'atmosfera terrestre. Durante questo tempo la città di Zurigo si sposta verso est di 540 (km) per effetto della rotazione terrestre. Se al momento del lancio non si considerasse questo spostamento naturale del bersaglio, il missile balistico non cadrebbe sulla città di Zurigo ma su qualche paesino nella Francia centrale.

## Equipaggiamento e armamento

Per contro le condizioni meteorologiche nell'area del bersaglio non hanno nessuna importanza sulla dinamica del volo: sono invece molto importanti nel caso di un attacco con testate chimiche o batteriologiche.

Per meglio comprendere le possibilità di difesa è opportuno precisare alcuni aspetti di una traiettoria balistica. Come evidenziato dallo schizzo sottostante, si distinguono cinque fasi di volo: quella propulsiva, quella ascensionale, la (lunga) fase intermedia per lo più fuori nello "spazio", il rientro nell'atmosfera e la fase terminale prima dell'impatto al suolo.



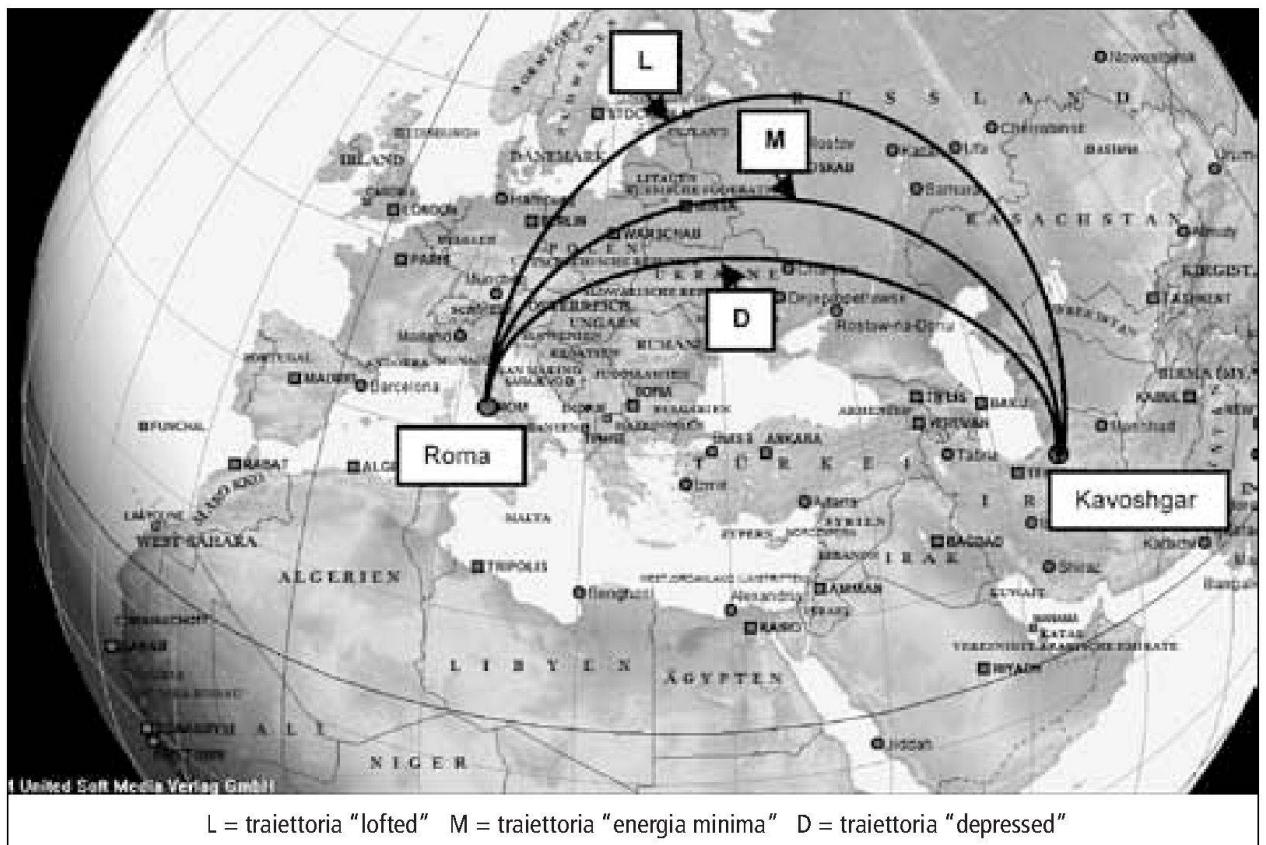
Le cinque fasi di un volo balistico

Salvo rare eccezioni il lancio avviene verticalmente. Come ricordato in precedenza, tutti i missili a lunga gittata si separano dai vettori a fine combustione facendoli ricadere al suolo (o in mare). Alla fine della fase propulsiva soltanto l'ogiva contenente la testata militare (il cosiddetto Reentry Vehicle) prosegue il volo. Missili a corta gittata a volte non si separano dal vettore: il missile completo (detto anche "integrale") percorre quindi tutta la traiettoria nella stessa configurazione di partenza.

Già dopo pochi secondi di volo il missile balistico s'inclina di qualche grado rispetto al suolo: una rotazione programmata dall'inizio e realizzata, di solito, grazie a deflettori del getto del razzo oppure con alette mobili. Il valore di questa inclinazione definisce la traiettoria del missile. Quando si vuol colpire un bersaglio che si trova a una distanza inferiore alla sua gittata massima si deve stabilire in anticipo il tipo di traiettoria desiderata: vi è una vasta scelta (alta, bassa ecc.), in teoria un numero infinito di possibilità. Una in particolare ha però un significato importante: la traiettoria chiamata a "energia minima" poiché corrisponde a quella traiettoria che, pur garantendo di raggiungere il bersaglio prestabilito, utilizza il minor quantitativo possibile di carburante. Traiettorie a quote superiori a quest'ultima si chiamano sopraelevate o "lofted", quelle a quote inferiori depresse o "depressed". Le differenze tra un tipo di traiettoria e l'altro in termini di durata di volo, apogeo (altezza massima), velocità all'impatto ecc. sono rilevanti, come mostra l'esempio sottostante.

Esempio di 3 possibili traiettorie: "lofted" / "energia minima" / "depressed".

Ipotetico missile balistico a lunga gittata (categoria IRBM) a due stadi, lanciato da Kavosghar (nord dell'Iran) contro la città di Roma. La gittata è di 3'649 km.



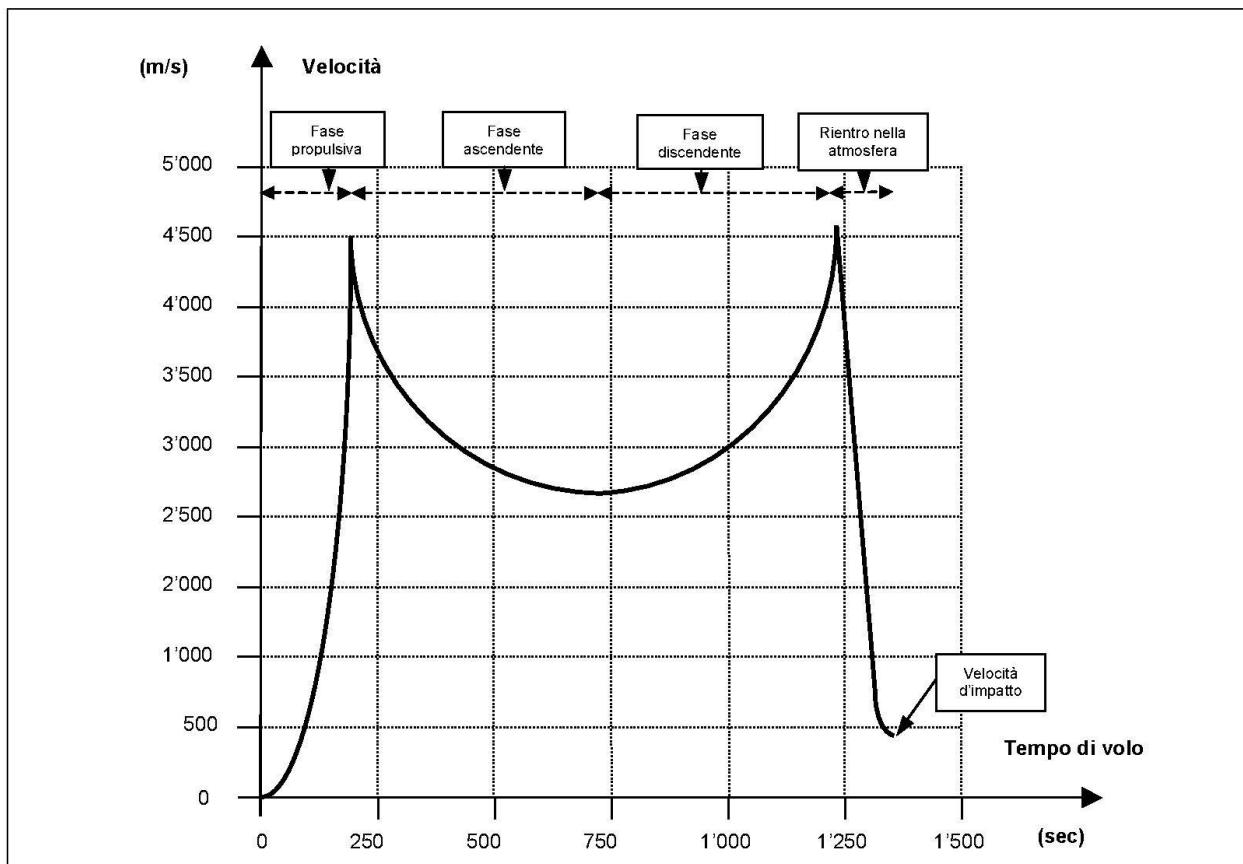
Tre possibili traiettorie tra Kavosghar (Iran) e Roma

Traiettorie	Durata di volo (sec)	Apogeo (km)
"Lofted" (L)	1'705	1'883
"Energia minima" (M)	1'067	811
"Depressed" (D)	759	280

Vanno rilevati i grandi valori dell'apogeo, ben oltre quei 100 km che sono considerati il limite superiore dell'atmosfera terrestre. Il missile balistico entra cioè temporaneamente nello "spazio" occupato da una miriadi di satelliti artificiali, stazioni spaziali ecc. La scelta che l'aggressore deve fare tra una traiettoria "lofted" o "depressed" è puramente tattica e dipende anche dalla testata militare del missile. Va ricordato che per le traiettorie "lofted" l'angolo di rientro rispetto al suolo è molto più elevato rispetto a quelle "depressed", mentre al contrario la velocità all'impatto nei casi "depressed" è più alta (spesso doppia) rispetto ai "lofted".

Le velocità raggiunte da un missile balistico sono molto elevate, come mostra la figura 9. Si tratta del profilo di velocità di un ipotetico missile balistico iraniano a lunga gittata (IRBM), a due stadi, calcolato con un modello matematico del "Amt für Rüstung und Wehrtechnik" di Vienna [6]. La traiettoria simulata è di tipo "lofted" tra il punto di lancio Tabriz (Iran) e la città di Vienna. La gittata è di 2'660 (km) e la durata di volo di 1'312 secondi (22 min).

La fase propulsiva (due stadi) dura complessivamente 212 secondi, al termine della quale il missile raggiunge la sua velocità massima di 4.5 (km/s). Si noti per inciso che il missile balistico non entra in un'orbita attorno alla terra ma ricade al suolo, solo perché la sua velocità è inferiore a quella di "fuga" dall'attrazione terrestre, che nella fattispecie dovrebbe aggirarsi sui 10 - 11 (km/s). Segue quindi la fase di volo intermedio ascensionale con una perdita di velocità fino a un minimo di 2.7 (km/s) quando raggiunge l'apogeo (1'523



Profilo della velocità di un missile a media gittata (IRBM)

km) per poi accelerare nuovamente fino a raggiungere i 4.6 (km/s) nella susseguente fase intermedia discendente. Infine vi è la brusca frenata al momento del rientro negli strati densi dell'atmosfera, con una decelerazione che supera le 50 volte quella terrestre (54 g per la precisione). È importante notare che il passaggio dagli ultimi 10 (km) d'altezza fino al suolo il missile li percorre in pochi secondi.

In considerazione del fatto che i missili balistici, durante la fase finale del volo, potrebbero essere intercettati e distrutti da un missile anti-missile, essi sono a volte programmati per eseguire manovre evasive nella fase terminale del volo. Si tratta in generale di far eseguire al missile delle oscillazioni pendolari (a "slalom") o a spirale attorno alla traiettoria mediana con delle ampiezze sui 2 o 3 (km). Esse terminano qualche secondo prima dell'impatto. Un'operazione sempre molto efficace, ma di difficile esecuzione da parte di un oggetto veloce e non pilotato com'è il caso di un missile balistico.

Da questi esempi con lunghe gittate, grandi altezze e velocità elevatissime si deducono facilmente alcune considerazioni importanti che toccano anche la Svizzera.

Per avvistare e inseguire da terra missili balistici in volo (o i loro RV) sono necessari radar speciali di grande potenza: il compito è reso particolarmente difficile anche perché un'ogiva è un oggetto molto piccolo, non facilmente reperibile da normali radar o da altri sensori. Inoltre la curvatura della terra rende il missile "invisibile" dal suolo per gran parte del volo, poiché il missile si trova "sotto l'orizzonte" terrestre. Senza l'ausilio di satelliti d'allerta, che "vedono" la partenza del missile, determinano il punto di lancio, seguono il missile durante la fase propulsiva e trasmettono i dati al suolo, le possibilità di un singolo radar al suolo di rilevare e inseguire un missile balistico sono basse per non dire nulle.

Gli Stati Uniti gestiscono da ormai 40 anni una rete di 4 satelliti d'allerta geostazionari (distanzi 35'780 km dalla terra). Si chiamano satelliti DSP (Defense Support Program) e sorvegliano tutto il globo. Un singolo DSP copre tutto il territorio dell'Europa, Nordafrica e Medioriente. Le camere termiche incorporate negli DSP scaglionano ogni punto della terra ogni 6 secondi. DSP rappresenta il sistema d'allerta più sicuro e indispensabile per avvistare la partenza di un missile balistico e seguirlo nella sua fase di volo propulsiva. Soltanto con l'ausilio dei dati DSP è possibile rilevare il missile e quindi combatterlo in tempo utile.

La Svizzera non possiede alcun radar speciale per avvistare missili balistici e non ha accesso ai dati satellitari DSP. I nostri sistemi di sorveglianza dello spazio aereo e di condotta degli impieghi FLORAKO e il radar tattico TAFLIR sono ottimi strumenti per la difesa del nostro spazio aereo. Non lo sono in caso d'attacco con missili balistici.

L'altissima velocità e la breve durata di volo negli strati bassi dell'atmosfera rendono in pratica impossibile l'intercettazione di un

missile balistico con i mezzi della nostra contraerea (cannoni 35 mm, Rapier, Stinger) e neppure con l'armamento dei nostri aerei da combattimento F/A-18. Un loro impiego equivalebbe a uno spreco di munizione. Ci vogliono missili speciali, iperveloci, ad alta manovrabilità e grande precisione nella guida. La Svizzera non possiede questo tipo di missile.

## Conclusioni

Questa prima parte dell'articolo, pur essendo un po' tecnica, un po' teorica e un po' storica, ci permette di trarre alcune considerazioni importanti per il nostro paese. Li presentiamo sotto forma di tesi riassuntive.

### Tesi 1: i missili balistici

Sono conosciuti da decenni. La loro fabbricazione non pone più problemi tecnologici insormontabili, nemmeno in paesi in via di sviluppo. In passato vecchi missili russi della famiglia degli Scud sono stati copiati e modificati per ottenere soprattutto gittate più lunghe: un trend facilmente riconoscibile e che ha avuto successo. Il caso più emblematico è quello dell'Iran, ma anche la Corea del Nord, il Pakistan e l'India hanno seguito la stessa strada. Una delle ragioni perché il missile balistico, come arma offensiva, rimane attuale va ricercata nella mancanza di sistemi di difesa veramente efficaci.

**Il missile balistico iraniano a due stadi Sejil – 2, oggi operativo, ha una gittata di 1'900 (km): esso rappresenta una seria minaccia per Israele, per la Turchia e per alcune regioni meridionali della Grecia. Nel caso in cui i futuri missili iraniani dimostrassero d'avere gittate sui 3'000 (km) anche la Svizzera sarebbe raggiungibile e con 5'000 (km) lo sarebbe ogni angolo dell'Europa.**

### Tesi 2: le testate militari

Quando la testata militare di un missile balistico è di tipo "convenzionale", i danni arrecati all'impatto sono relativamente circoscritti. Per contro se è del tipo NBC il missile balistico diviene allora un'arma di distruzione di massa dagli effetti devastanti su vaste aeree. L'impiego dell'arma batteriologica appare oggi meno probabile rispetto alle altre due, a causa dell'imprevedibilità, dell'incontrollabilità all'uso e della pericolosità nella fabbricazione. Anche se spesso sottovalutati i gas nervini possono far strage di migliaia di vite umane, come è dimostrato dall'attacco aereo iraniano con armi chimiche alla città curda di Halabja, nel 1988. USA e Russia stanno riducendo il loro arsenale atomico in modo consistente. Questa riduzione quantitativa delle testate nucleari non ha riscontro in altri paesi, in particolar modo in quelli che conoscono conflitti latenti con le nazioni limitrofe, come India, Pakistan, Israele e Corea del Nord.

**Il livello della minaccia aumenta se oltre a sviluppare missili balistici sempre più performanti si abbinano anche programmi per lo sviluppo d'armi di distruzione di massa, senza sottoscrivere alcun accordo internazionale che ne proibisca la fabbricazione e l'uso.**

### Tesi 3: le caratteristiche di volo

Le velocità elevate, le grandi distanze, le dimensioni ridotte delle ogive, la durata di volo molto breve negli strati bassi dell'atmosfera rendono molto difficile l'avvistamento dei missili balistici (o le ogive) con i "normali" radar di sorveglianza dello spazio aereo: praticamente impossibile è poi la loro intercettazione e distruzione con la nostra contraerea o con le armi dei nostri aerei da combattimento.

**Difendere lo spazio aereo da "oggetti volanti" è ben diverso che difendersi da "oggetti che giungono dallo spazio". In questo secondo caso sono necessari, altri sensori, altre armi, altri dati (da satelliti) e altre strutture di comando, che la Svizzera oggi non possiede.**

#### Fonte

- [1]: Settimanale domenicale "Der Sonntag", 29.8.2010.
- [2]: Aviation Week & Space Technology, 18 – 25 luglio 2011
- [3]: Jane's Intelligence Review, ottobre 1999, pag. 52
- [4]: Il portale della medicina "la guerra biologica", guidamed.com
- [5]: Bulletin of the Atomic Scientists "Status of World Nuclear Forces 2011" (7.7.2011)
- [6]: Amt für Rüstung und Wehrtechnik, "Ausgewählte Simulationsberechnungen zur Raketenabwehr", Dr. Peter Sequard-Base, Vienna, 2009



Il divisionario Cantieni con i protagonisti ticinesi



... orgogliosi!



... concentrati anche in marcia!



Il trofeo



... sempre uniti