

R-2 Dvoika / SS-2 Sibling



Ennio Savi

Dopo svariati mesi, complice anche l'improvvisa dipartita del vecchio laptop Windows e dei files ivi residenti, finalmente pubblico il seguito dell'articolo sull'R-1 Jedinitschka / SS-1 Scunner, dedicato all'R-2 Dvoika / SS-2 Sibling (GRAU Index 8Zh38). Purtroppo sono stato costretto per forza a scrivere questo articolo, ancor più del suo predecessore, sulla base di fonti scarse, frammentarie e troppo spesso in contraddizione tra loro, senza tener conto del russo di Google Translator... Nonostante tutta la buona volontà, non posso perciò garantire di essere riuscito a filtrare del tutto errori ed imprecisioni. Questo lavoro è perciò da considerarsi provvisorio.

STORIA E SVILUPPO

Korolëv R-2 contro Gröttrup G-1

Il 13 maggio 1946, su iniziativa di Stalin, nasceva la "Commissione di Stato per lo Studio dei Razzi a Lunga Gittata" o P.K.R.D.D. Oltre a fondare l'NII-88 e gli altri centri di ricerca preposti allo sviluppo dei missili balistici, la Commissione dava anche a questi centri una *roadmap*:

- 1) lanci sperimentali delle A-4 (V-2) prodotte alla Mittelwerk in Germania o ricostruite dalla Zavod 88 in URSS;
- 2) reingegnerizzazione di una copia della A-4 adattata ai materiali e ai metodi produttivi sovietici, l'R-1;
- 3) sviluppo di una versione migliorata dell'R-1 con una maggiore gittata, l'R-2;
- 4) studio di un vero missile strategico, designato R-3.

Nel 1946, quando si trovava ancora in Germania, Korolëv iniziò così a pensare a versioni più avanzate dell'A-4 tedesca. Le specifiche per l'R-2 volevano un missile sostanzialmente analogo all'R-1, ma capace di trasportare lo stesso carico bellico (una tonnellata di esplosivo) due volte più lontano, quindi con una gittata di 600 km. Korolëv ebbe subito l'idea di una versione allungata di circa 3 metri rispetto all'originale e con una spinta di almeno 32 tonnellate rispetto alle 25 del motore "Modello 39" dell'A-4. Messo a capo della sezione missili a lungo raggio dell'NII-88 (sezione dalla quale derivò un decennio dopo il suo OKB-1), Korolëv si dedicò l'anno successivo alla stesura dei disegni del suo R-2, praticamente in contemporanea con l'R-1 che avrebbe dovuto precederlo.

Gli ingegneri tedeschi al *Zentralwerke* avevano già iniziato nel 1945 lo sviluppo di un miglioramento del "Modello 39", il motore dell'A-4. Attraverso soluzioni relativamente semplici la spinta fu au-

mentata da 25 a 30 tonnellate. Valentin Petrovič Gluško scoprì che utilizzando una miscela di alcool al 96% invece che al 75% come per l'A-4, lo stesso motore poteva erogare 37 tonnellate di spinta. La maggiore potenza del motore permetteva di allungare il missile di circa 3 metri rispetto all'originale dotandolo così di serbatoi più capienti, con una massa al decollo del 50% maggiore a quella dell'A-4/V-2. Questi miglioramenti furono provati nel 1948-49 durante la messa a punto dell'RD-100.

La spinta maggiore necessitava però di ratei di flusso dei propellenti molto alti, impossibili da ottenere con la turbopompa originale dell'A-4 ed anche inaccettabili per la sopravvivenza della turbopompa stessa. Per risolvere il problema, il "collettivo" dei tedeschi propose di far azionare la turbopompa dai gas di scarico della camera di combustione. Korolëv considerò l'idea come troppo complessa, probabilmente pensando anche ai materiali destinati a sopportare le altissime temperature di utilizzo. Decise così semplicemente di installare una seconda pompa. Il lavoro per potenziare l'RD-100 portò all'RD-101, il motore dell'R-2.

In verità una versione stretched dell'A-4 non era una cosa così semplice, perché serbatoi più capienti significava sì più combustibile, ma anche maggiore peso sia del combustibile che della struttura, il che avrebbe annullato il guadagno di potenza del motore.

Nel frattempo, nell'estate del 1946 al "collettivo" dei tedeschi di Gorodomlija, guidato da Helmut Gröttrup, era stato chiesto non solo di ridisegnare i progetti costruttivi dell'A-4 e di approntare una linea di produzione pilota, ma anche di proporre modifiche all'A-4 per migliorarlo. Con classico stile staliniano, fu posta una *deadline* per metà settembre 1946. Il gruppo di Gröttrup arrivò a questa data con circa 150 possibili miglioramenti, molti dei quali già concepiti a Peenemünde – e per questo Gröttrup fu in grado di rispettare l'assurdo termine impostogli. Circa la metà di queste proposte furono subito accettate e per le altre fu chiesto di risottoporle in forma più dettagliata. Tra le proposte accettate vi furono i serbatoi di propellente pressurizzati, l'alloggiamento dei sistemi di controllo spostato sotto i due serbatoi, e le turbopompe del propellente mosse dai gas spillati dal flusso di scarico del motore.

I vertici sovietici pensarono bene a quel punto di mettere in competizione i tedeschi di Gröttrup con i russi di Korolëv. Nell'autunno del 1946 fu così chiesto al team di Gröttrup di abbozzare il progetto per un missile capace di una gittata di 1.500 km. Non furono dati requisiti per il carico bellico trasportabile o l'accuratezza sul bersaglio. Dopo molti giorni di intenso lavoro, Gröttrup sottopose un disegno basato sul progetto dell'A-9/A-10 di Peenemünde, che fu designato G-1.

Nel dicembre 1948 una commissione governativa valutò i due progetti, e trovò che il G-1 era notevolmente superiore all'R-2 di Korolëv. Il progettista russo cercò di fare azione di lobby contro il G-1, principalmente sostenendo che era troppo avanzato per le capacità produttive sovietiche; ma questo non faceva dell'R-2 un progetto migliore. Per non cadere in disgrazia un'altra volta, Korolëv rielaborò il suo R-2 integrandovi alcune delle soluzioni del G-1, a partire dalla testata bellica separabile che, non sottoponendo più l'intero missile alle sollecitazioni del rientro atmosferico, rendeva possibile costruirlo meno robusto e quindi più leggero, utilizzando anche la tecnica dei serbatoi integrali. Il nuovo progetto di Korolëv fu sottoposto al Ministro per gli Armamenti Ustinov, che alla fine lo approvò. Il progetto di Korolëv così si salvò, e forse anche il suo progettista, visto che Stalin non era ancora morto.



Il monumento all'entrata della città di Korolev lungo l'autostrada Yaroslav è un missile R-2 (public domain via WikiCommons).

Verso l'R-2 definitivo

I test statici e dinamici sulle strutture dell'R-2 furono condotti tra il 1949 e il 1951 dal "Dipartimento P" (dal 12 gennaio 1949 "Divisione 14"), istituito il 24 maggio 1947 nell'ambito dell'NII-88. Il nome per esteso potrebbe essere tradotto come "Dipartimento per la Resistenza dei Disegni Missilistici". In seguito divenne l'Istituto Centrale di Ricerca di Costruzione di Macchine o TsNIIMash. Direttore del Dipartimento fu nominato il prof. Alexei A. Ilyushin dell'Accademia delle Scienze dell'URSS, ma il capo effettivo era il professore emerito Victor M. Panferov. Nell'ottobre 1947 il Dipartimento divenne operativo e nell'aprile del 1948 fu completata la costruzione del primo laboratorio per prove statiche di missilistica dell'URSS. Nel 1949-50 fu costruito il laboratorio per le ricerche dinamiche.

Per provare le principali tecnologie da adottare sull'R-2, segnatamente i serbatoi integrali e la testata separabile in volo, fu approntata una versione speciale dell'R-1, in seguito ribattezzata R-2E (E da *Experimental'naya*, "Sperimentale"). Il progetto fu varato alla fine del 1947 ed i test di sviluppo, sia statici che del motore, furono condotti a Podlipki entro il luglio 1949. L'R-2E aveva un sistema di controllo semplificato. Le differenze strutturali con l'R-2 di serie non erano però così enormi e la maggiore differenza era forse il fatto che l'R-2E era 9 cm più corto dell'R-2 standard.

Il 25 settembre fu lanciato il primo R-2E da Kapustin Yar. Il missile raggiunse un apogeo di 100 km e impattò sul bersaglio ad una distanza di 541,3 km con una deviazione di soli 200 metri. Si trattò però di pura fortuna: seguirono infatti altri quattro lanci dal 30 settembre all'11 ottobre 1949, sempre dal balipodio di Kapustin Yar. Due di questi fallirono per la stessa causa, un incendio nel compartimento di coda, e negli altri la deviazione fu di 9.300 e di 800 metri rispettivamente.

L'R-2E aveva comunque dimostrato che serbatoi integrali e testata sganciabile funzionavano. Era

arrivato il momento di provare l'R-2 vero e proprio, per continuare i test ingegneristici, definire la gestione operativa del missile e migliorare l'accuratezza sul bersaglio. Fu deciso di approntare due serie di missili. I lanci della prima serie di prova furono effettuati da Kapustin Yar tra il 1° ottobre e il 20 dicembre 1950. Fallirono tutti e dodici i lanci: cinque razzi vennero persi durante la fase di *boost* con motore acceso, negli altri sette invece la testata si disintegrò al rientro a causa del surriscaldamento per attrito con l'atmosfera.

Si dovette quindi riprogettare i razzi del secondo *batch* in modo da migliorare il disegno del missile. Dei 13 lanci di questa serie, effettuati a Kapustin Yar tra il 1° e il 27 luglio 1951, solo uno fallì a causa di un difetto di fabbricazione del razzo; gli altri ebbero successo raggiungendo i bersagli pre-stabiliti.

La produzione in serie

Il 27 novembre 1951 i militari accettarono ufficialmente il sistema e il razzo R-2, completo dell'equipaggiamento di lancio a terra, ottenne il GRAU Index 8Zh38 e fu immesso in servizio nella Brigad Osobogo Naznacheniya ("Brigata delle Forze Speciali", BON) dell'RVGK (acronimo traducibile con "Riserva dell'Alto Comando Supremo"). Questo reparto fu poi ridenominato "233ma Brigata Ingegneri" nel 1954. Tre giorni dopo, il 30 novembre, un decreto del Ministro degli Armamenti Ustinov ne ordinava la produzione in serie presso lo *Zavod* (stabilimento) 586 di Dnepropetrovsk, sotto la direzione del futuro "progettista capo" Michail Kuzmich Yangel. Lo *Zavod* 586 aveva già prodotto i precedenti R-1 e produsse in seguito anche gli R-5 e gli R-5M. I missili erano precedentemente fabbricati nello *Zavode Artillerijskikh Vooruzheniy* ("Fabbrica di Armi di Artiglieria") N° 88 di Kaliningrad, associata all'NII-88 di cui era in pratica l'officina di produzione per i prototipi.

La produzione su larga scala dell'R-2/8Zh38 presso la *Zavod* 586 di Dnepropetrovsk, sotto la direzione di V. S. Budnik, fu decisa da Ustinov il 28 gennaio 1953, con l'ordine di finalizzare la produzione entro il 1° giugno 1953, solo sei mesi dopo la consegna del primo R-1 costruito interamente a Dnepropetrovsk. Intanto, nel febbraio 1953 la fabbrica di Novokramatorsk (NKMZ di Kramatorsk, sempre in Ucraina) iniziò la produzione in serie degli equipaggiamenti di lancio 8V24.

Il primo lancio di prova di un R-2 di produzione è del 1° maggio 1954; il missile partì come al solito da Kapustin Yar e il suo volo non denotò particolari problemi.

Riguardo agli esemplari prodotti, en.Wikipedia riporta un totale di 1.545 missili costruiti, tra R-1 ed R-2. Astronautix riporta la cifra di 221 R-2 costruiti. Una volta riconosciuto in Occidente, l'R-2, battezzato dai russi Dvoika ("Il Secondo"), fu designato SS-2 dal Dipartimento della Difesa USA, e "Sibling" dalla NATO.

DESCRIZIONE TECNICA

Configurazione generale

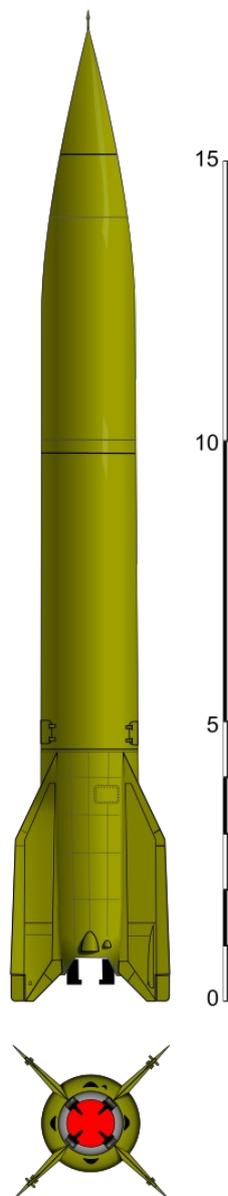
L'R-2 era sostanzialmente una versione più avanzata dell'R-1, a sua volta un diretto derivato dell'A-4/V-2 tedesca. Il missile era lungo 17,65 metri contro i 14,2 dell'R-1 (i dati comunque discordano fortemente: alcune fonti riportano 21 metri per l'R-2 e 17 per l'R-1), e quindi era di circa tre metri più lungo, con una massa di circa il 50% maggiore (da 13 a 19 tonnellate circa). Il raggio d'azione era raddoppiato, da 300 a 600 km circa.

Motore

Il motore dell'R-2 era un Gluško RD-101, un diretto derivato dell'RD-100 montato sull'R-1 (SS-1 Scunner), a sua volta versione sovietica del "Modello 39" progettato da Walter Thiel che motorizzava l'A-4 (V-2). Nonostante fosse sviluppato praticamente in contemporanea con l'RD-100 (ma senza il coinvolgimento dei tecnici tedeschi), rispetto a questo costituiva un significativo miglioramen-

to. Prima di tutto aveva una potenza maggiore rispetto all'RD-100: 36,7-37 tonnellate a livello del mare e 41,2-41,3 tonnellate nel vuoto. Inoltre era più compatto, avendo lo stesso diametro dell'RD-100 ma un'altezza di 3,35 metri contro i 3,70 del predecessore, con un peso all'incirca uguale (888 kg l'RD-101, 885 kg l'RD-100). La maggiore spinta era ottenuta tramite l'aumento della pressione interna alla camera di combustione (15,9 bar l'RD-100, 21,2 bar l'RD-101) e l'aumento della concentrazione di alcool nella miscela del combustibile dal 75% di A-4 ed R-1 al 96%. Il rapporto tra comburente e carburante, infine, era aumentato dall'1,28 dell'RD-100 a 1,45. L'alcool etilico utilizzato dall'RD-100 fu sostituito nell'RD-101 dall'alcool metilico, per un motivo molto particolare: per evitare che il personale di lancio si bevesse il propellente del razzo!

Il motore era sovrastato dal serbatoio, di forma toroidale, del perossido d'idrogeno che alimentava il complesso delle turbopompe, chiamato "Aggregato Turbo Pompa", fornendone il fluido di lavoro trasformandosi in vapore. Il vapore esausto passava poi attraverso uno scambiatore di calore ed era successivamente espulso lateralmente al razzo. Tutte le componenti del motore erano fissate su un telaio di tubi metallici.



Testata

La testata bellica dell'R-2 si separava dal razzo prima del rientro in atmosfera, grazie ad un sistema a molla. Questo eliminava alla radice uno dei grandi problemi dell'A-4 originale, cioè la necessità di una notevole robustezza strutturale per resistere alle sollecitazioni aerodinamiche dell'ultima fase della traiettoria; il che rendeva possibile adottare serbatoi di propellente integrali, che reggevano il peso strutturale del razzo (la tecnica costruttiva che gli anglosassoni chiamano *monocoque*), con un notevole risparmio di peso. La testata bellica standard pesava 508 kg ed era contenuta in un'ogiva alla cui sommità era situata la spoletta per la detonazione, il piccolo cilindro che si vede sulla punta. Il missile poteva però portare un carico utile massimo di circa 1.500 kg, e la versione 8Zh39 aveva portata 1008 kg di esplosivo HE, capace di un'area di distruzione di 950 mq. Durante il rientro atmosferico, la testata era stabilizzata da superfici aerodinamiche anulari chiamate dai tecnici russi "gonne stabilizzatrici".

Serbatoi

La struttura del missile era così sorretta dalle pareti a rivestimento lavorante dei serbatoi, che venivano sostenuti anche da una moderata pressione interna grazie alla pressurizzazione del serbatoio con un gas. A dire il vero, Korolëv rese integrale il serbatoio dell'alcool, che era stivato a temperatura ambiente e senza un'elevata pressione, ma non si fidò di fare altrettanto con il serbatoio dell'ossigeno liquido. Qui la pressione era maggiore e dato che l'ossigeno liquido evapora a temperatura ambiente a causa del suo bassissimo punto di ebollizione, era necessario non solo avere un serbatoio più robusto, ma anche isolarlo con della lana di vetro posta nell'intercapedine tra la parete del serbatoio ed il rivestimento del missile. Sul secondo "batch" di missili fu adottato un isolamento termico più avanzato.

Il serbatoio del carburante, in fase di svuotamento, era pressurizzato dall'aria esterna che entrava ad alta velocità attraverso una valvola di spinta, creando la pressione necessaria al deflusso del carburante. Con l'aumento dell'altitudine e la diminuzione della pressione atmosferica, questa diventava insufficiente e dopo 25 secondi si passava dall'aria esterna all'aria compressa interna.

Il serbatoio del comburente era attraversato, al suo centro, dal condotto che portava il combustibile alla camera di combustione. Ogni serbatoio era dotato di indicatori di livello e di valvole di ritegno, che facevano passare il propellente solamente verso una direzione, quella di compressione della molla di cui erano dotate. Erano presenti inoltre valvole di regolazione che comunicavano con l'atmosfera in modo da mantenere stabile la pressione all'interno dei serbatoi.

Sistema di controllo dei flussi fluidi

Tra i due serbatoi si trovava un serbatoio toroidale per l'aria compressa. Questa era necessaria per il sistema di automazione pneumatica del motore, e per la pressurizzazione dei serbatoi man mano che si svuotavano.

Il sistema di controllo del razzo era infatti basato su un complesso sistema di relè e di valvole elettropneumatiche, il tutto alimentato dalla corrente fornita dalle batterie di bordo. Le valvole venivano attivate dalla pressione di controllo e/o dalla corrente elettrica fornita dalla bobina dell'elettromagnete. Le valvole manometro, quando attivate, fornivano i corrispondenti segnali elettrici che costituivano ulteriori comandi di avvio per il motore. I relè realizzavano dei semplici circuiti logici riconducibili ad istruzioni del tipo "If-Then-Else". Inoltre vi erano dei meccanismi a timer che si innescavano secondo una particolare sequenza, a partire dal T+0 del decollo del razzo. Queste funzioni venivano eseguite tramite apparecchiature di commutazione.

Il circuito elettrico di bordo era alimentato da batterie a secco, ad acido e piombo, di grande capacità e di peso e ingombri relativamente contenuti (20 kg compreso l'elettrolita, per dimensioni pari a 27,4 x 20,5 x 22,5 cm). Esse lavoravano con una tensione costante di 27±3 Volt, ma erano in grado di fornire una corrente di scarico di parecchie decine di Ampere per un breve periodo: 2 minuti con

una corrente a 100 Ampere oppure 5 minuti con una corrente a 40 Ampere. Un “dynamotor” (“un-former”) permetteva di alimentare i motori elettrici dei giroscopi grazie ad una sorgente di corrente continua con tensione di 50 Volt.

Un sensore elettrico, detto “contatto di sollevamento”, si trovava vicino ad uno dei supporti sui quali il razzo poggiava a terra. Quando il razzo si staccava da terra, il sensore faceva partire il timer per la sequenza di volo. Un motore elettrico a corrente continua era collegato tramite un riduttore a ruote ad un albero a camme. Quando l'albero ruotava, le camme chiudevano i contatti elettrici secondo una sequenza prestabilita che veniva innescata dal timer, che partiva grazie ad un relè di avviamento. Il motore elettrico del dispositivo era dotato di un regolatore centrifugo a contatto elettrico per mantenere costante la velocità di rotazione dell'albero a camme, una rotazione completa del quale durava 150 secondi. Il “programma” era dato dagli angoli tra le camme, costituite ognuna da una cresta e da una cavità, che potevano essere disposte in quattro posizioni a 45, 90, 180 e 270 gradi.

Compartimento strumentazione

Il modulo degli apparati di controllo fu spostato da sopra i serbatoi di propellente a sotto il serbatoio dell'ossigeno liquido, per facilitare le operazioni pre-lancio. L'accessibilità ai sistemi del missile migliorò notevolmente, ma creò ulteriori problemi poiché il modulo di controllo era adesso subito sopra il motore, e la sua delicata strumentazione si trovava ora a subire le vibrazioni generate da quest'ultimo. Per questo fu necessario sostituire nella sezione di coda l'acciaio al duralluminio, in modo da ridurre le vibrazioni. Questa modifica venne effettuata tra la prima e la seconda serie di missili ed aumentò in modo significativo la massa del missile a vuoto, che arrivò a pesare 350 kg in più dell'R-1.

Sistema di guida

La precisione sul bersaglio era ottenuta affiancando al sistema di guida giroscopico un sistema radio di correzione della traiettoria laterale che comandava anche un arresto del motore a due stadi di cui si dirà più avanti. Il sistema, designato BRK-1, era ovviamente di derivazione tedesca, ma “russificato” da Mikhail Borisenko. L'R-2 così aveva più o meno lo stesso CEP dell'R-1 nonostante la gittata fosse doppia. Per l'R-2 fu utilizzato il sistema di telemetria “Don”, con 12 canali di dati continui e 12 discreti, un sistema di misurazione della velocità e uno della distanza, con sorgenti di segnale per i radar a terra.

La direzione della traiettoria era ottenuta nell'R-2 allo stesso modo dell'R-1 e, oltreoceano, del Redstone: si trattava infatti del sistema di palette di grafite immerso nel flusso del getto di scarico ideato per l'A-4/V-2. Pur essendo un sistema efficace per la tecnologia della fine degli anni Quaranta, fu abbastanza rapidamente soppiantato dalla ben più efficiente tecnologia degli ugelli su sospensione cardanica a partire dalla seconda metà degli anni Cinquanta. Vi erano anche delle superfici aerodinamiche (timoni) per stabilizzare il missile durante la prima fase del volo nella bassa atmosfera, soluzione col tempo caduta in disuso per i missili che compiono gran parte della traiettoria in ambiente extra-atmosferico.

Lancio e traiettoria di volo

Il complesso mobile di lancio, utilizzabile sia per gli R-1 che per gli R-2, era già stato progettato dall'ing. Barmin sulla base del Meillerwagen della V-2 tedesca. Questo sistema fu accettato dai militari il 27 novembre 1951. Gli equipaggiamenti avevano propri indici GRAU: 8U22, 8U24 e 8T21 (la gru a cavalletto costruita nello stabilimento di Novokramatorsk).

Durante la fase preliminare al lancio, il razzo era collegato al complesso mobile di lancio tramite due tubi: una connessione a sei fori per i fluidi e un connettore elettrico a spina multipla che collegava il compartimento strumentazione alla sorgente di alimentazione elettrica a terra.

La sequenza di rifornimento prevedeva: 1) l'aria compressa per la pressurizzazione dei serbatoi; 2)

l'alcool (combustibile); 3) l'ossigeno liquido (comburente); 4) il perossido d'idrogeno per alimentare la turbopompa. I vari fluidi erano tenuti all'interno degli intervalli di pressione consentiti da un complesso sistema di valvole, sia idrauliche che elettropneumatiche comandate da relè. Se le pressioni di esercizio andavano fuori gli intervalli consentiti, il sistema poteva bloccare la sequenza di comandi automatica per l'accensione del motore. I comandi di avviamento/accensione erano costituiti da tre pulsanti: "Start" (inizio), "Drenazh" (drenaggio) e "Glavnaija" (principale).

A partire dal decollo, il missile saliva in verticale per quattro secondi, quindi iniziava a porsi sulla traiettoria programmata per il bersaglio. Questa fase, durante la quale il razzo volava a motore acceso con un angolo costante fino a raggiungere la velocità finale, terminava dopo 68 secondi, momento in cui l'asse longitudinale del razzo era inclinato sull'orizzonte di un angolo di circa 43°. La velocità finale era stabilita da un accelerometro che misurava l'accelerazione longitudinale e che dava il segnale per lo spegnimento del motore.

Il motore si spegneva in due fasi, infatti prima di spegnersi del tutto funzionava per qualche secondo in "modalità finale". Dapprima veniva utilizzato il perossido d'idrogeno commutando su una "valvola di fase finale": meno perossido di idrogeno significava meno gas per le turbopompe e quindi meno afflusso di propellenti in camera di combustione. Il razzo continuava il suo volo con la spinta di fase finale fino a raggiungere la velocità prestabilita. A questo punto il motore veniva totalmente spento, con l'arresto delle unità di turbocompressione.

Dopo lo spegnimento del motore, la sezione della testata veniva separata da corpo del missile. Un meccanismo di controllo, tra 3,5 e 9,5 secondi dopo l'arresto del motore, dava il comando di far esplodere i bulloni esplosivi che collegavano la testata. Dopo l'esplosione dei bulloni, la molla del meccanismo di separazione spingeva avanti la testata, e sia questa che il corpo del missile continuava a volare su di una traiettoria balistica comune. Al rientro nell'atmosfera il razzo vero e proprio, che aveva una grande resistenza aerodinamica, si distruggeva in volo. La testata invece, grazie ad uno stabilizzatore aerodinamico, si poneva sulla traiettoria voluta, puntando sul bersaglio.

L'IMPIEGO OPERATIVO

I lanci di prova della versione operativa e versioni sperimentali

La terza serie di lanci dell'R-2 fu programmata per il controllo qualità degli esemplari di produzione e per prove militari in condizioni di operatività: 16 missili, di cui due non lanciati ed utilizzati per addestrare il personale della manutenzione. I 14 lanci della terza serie furono eseguiti a Kapustin Yar tra il 1° agosto e il 18 settembre 1952, con solo due missili fuori bersaglio.

Altri cicli di prove operative si svolsero nell'ottobre 1953 (quattro lanci), nel maggio-luglio 1954 (13 lanci), e nel settembre-novembre 1954 (cinque lanci). A partire dal maggio 1954, oltre che missili costruiti dalla fabbrica-pilota dell'NII-88, furono provati anche missili di serie prodotti a Dnepropetrovsk. I lanci di prova, per vari scopi, si susseguirono fino al settembre 1961, come si può vedere nel sito Astronautix di Mark Wade, alla voce R-2.

Prove, coronate da successo, si svolsero nel luglio-agosto 1955 per una nuova versione militare dell'R-2, la 8Zh39, con una testata più pesante da utilizzare a distanze sui 200-300 km contro obiettivi protetti (1008 kg di esplosivo HE).

L'R-2R fu una versione sperimentale destinata ai test del sistema di correzione della traiettoria con controllo radio progettato per l'R-3. Lo sviluppo di questo sistema, che correggeva la traiettoria laterale e comandava il *cut-off* del motore, iniziò nel giugno 1950. Cancellato il progetto dell'R-3, nel maggio 1951 il sistema fu preso come base per il radiocomando installato sull'R-5 "Pobeda" (SS-3 Shyster). Si è a conoscenza di un solo lancio, il 1° gennaio 1955. Non si sa comunque quanto l'R-2R differisse veramente dall'R-2A dal quale derivava.

Sempre riguardo l'R-5 "Pobeda", nel 1952 al banco prova di Zagorsk furono effettuati test su un R-2 con il motore RD-103, installato in seguito sull'R-5.

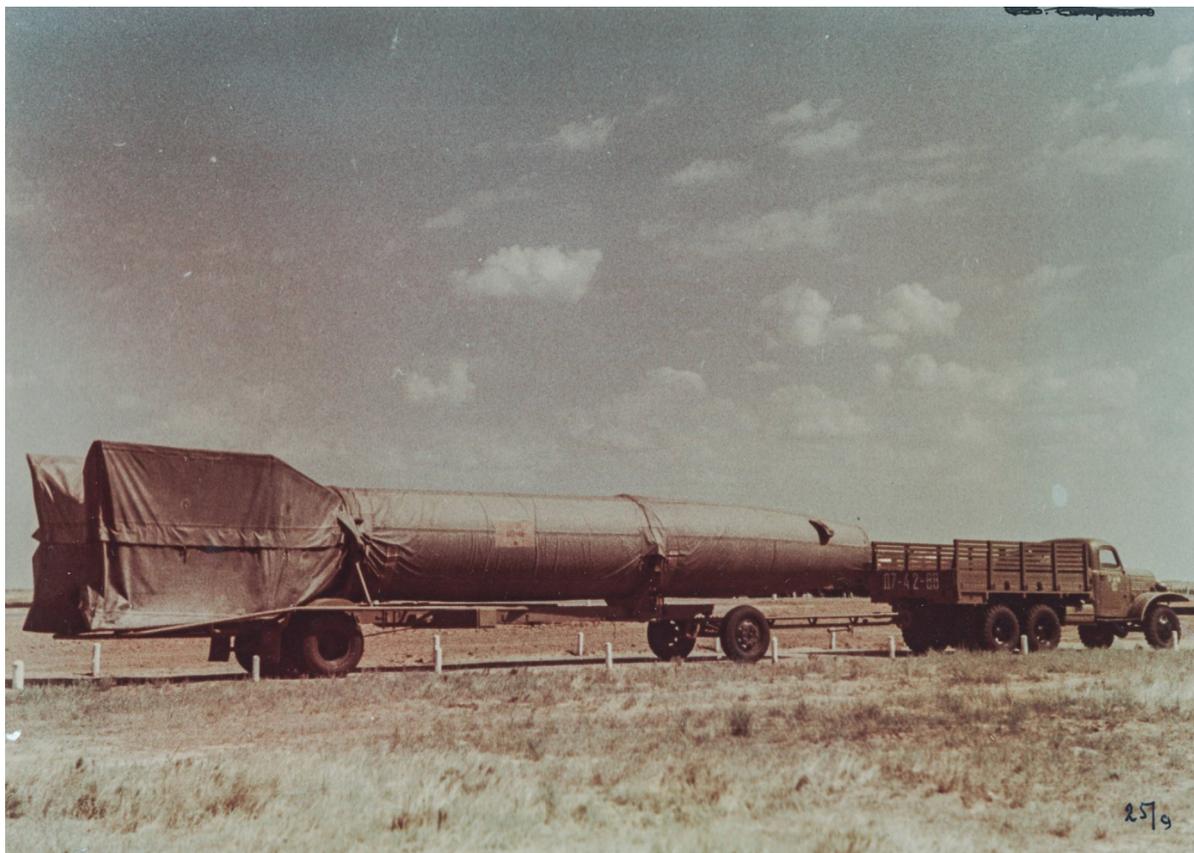
Una fonte (MilitaryRussia.ru) riporta l'esistenza di una versione sperimentale, la R-2M, dotata di

una testata nucleare tattica RDS-4 “Tatyana” da 10 kT e testata nel 1956. Questo sarebbe il primo missile balistico nucleare sovietico in assoluto, ma non essendo comunque stato riprodotto in serie, il primo missile nucleare schierato dalle forze strategiche sovietiche è stato l’R-5M, che il 2 febbraio 1956 fu protagonista del primo test “live” - storicamente documentato - di un missile balistico nucleare, con la detonazione di una testata bellica di 300 kT.

Le testate radiologiche

Se non ci sono fonti per affermare che l’R-2 sia stato il primo missile nucleare sovietico, ancorché in via del tutto sperimentale, è però certo che fu equipaggiato con due testate “radiologiche”, quelle che i giornalisti chiamano bombe nucleari “sporche”. Ne furono costruiti due tipi: il *Geran* (Geranio) e il *Generator*. Non è certo però che questo tipo di testate siano mai diventate operative.

Il *Geran* era riempito di un liquido radioattivo, e ad un’altezza predeterminata una spoletta faceva esplodere la testata disperdendo il liquido ad alta quota, generando una pioggia radioattiva simile al “fallout” delle bombe atomiche. L’ordigno sarebbe stato testato tra il 1953 e il 1956. Il *Generator* aveva invece il liquido radioattivo contenuto in un gran numero di piccoli contenitori che potevano spargersi in aria oppure impattare al suolo. I test sarebbero avvenuti tra il dicembre 1954 e il novembre 1955. Si ha notizia di un test operativo del dispositivo radiologico *Generator-2* il 1° dicembre 1954.



Il missile R-2 al traino di un camion (Ministero della Difesa Russo).

Le brigate missilistiche

Il missile fu accettato per l’impiego militare operativo il 27 novembre 1951. Il 1° giugno 1952 a Kapustin Yar vennero costituite le prime due brigate missilistiche su R-2, la 54ma e la 56ma, ma il missile entrò in servizio in numeri apprezzabili solo intorno al 1953.

Ogni brigata consisteva in tre divisioni missili con due batterie ciascuna, cioè era dotata di sei lan-

ciatori, con installazioni mobili campali 8Zh38, su progetto dell'ing. Bramin, derivati dal Meillerwagen tedesco ed utilizzabili sia dagli R-1 che dagli R-2. Il complesso era costituito da una ventina di veicoli, tra cui l'elevatore 1N2E/8U24 e il "pad" 8U23; il sistema radio di correzione della traiettoria era costituito da due stazioni montate su camion.

A partire dal 1953 divisioni missili dotate dell'R-2 furono stanziati a Zhitomir, Kolomiya e Medved (oblast di Novgorod), Kamyshin (oblast di Volgograd) a Siauliai in Lituania, a Dzhambur in Kazakistan e a Ordzhonikidze, in Estremo Oriente.

Ogni missile aveva bisogno di sei ore per i preparativi di lancio, che erano effettuati da undici uomini per missile. Il settaggio del sistema di guida richiedeva circa un quarto d'ora. Una volta pronto per il lancio, un R-2 poteva rimanere in stato di allarme per 24 ore, poi il carburante doveva essere rimosso e il missile ricondizionato. Il missile era in grado di essere lanciato a temperature comprese tra i -40 e i +50 gradi, con un vento alla velocità massima di 15 m/s.

Come è facile immaginare, l'R-2 non era granché affidabile come missile militare, con una percentuale di lanci riusciti dell'86%, improponibile al giorno d'oggi. Comunque, vista l'epoca e la novità della tecnologia, soprattutto per le capacità tecnologiche e produttive sovietiche, il giudizio su di esso non può che essere almeno cautamente positivo. In particolare, come ebbe a dire il ministro per gli armamenti Dmitrij Fëdorovič Ustinov, rappresentò la capacità che i sovietici avevano raggiunto di sviluppare un missile balistico in modo indipendente. La *rocket science* comunque fece passi da gigante durante gli anni Cinquanta e l'R-2/SS-2 "Sibling" fu sostituito dal nuovo MRBM R-5M "Pobeda" (SS-3 "Shyster", GRAU 8K51), armato di testata nucleare, a partire dal 1956.

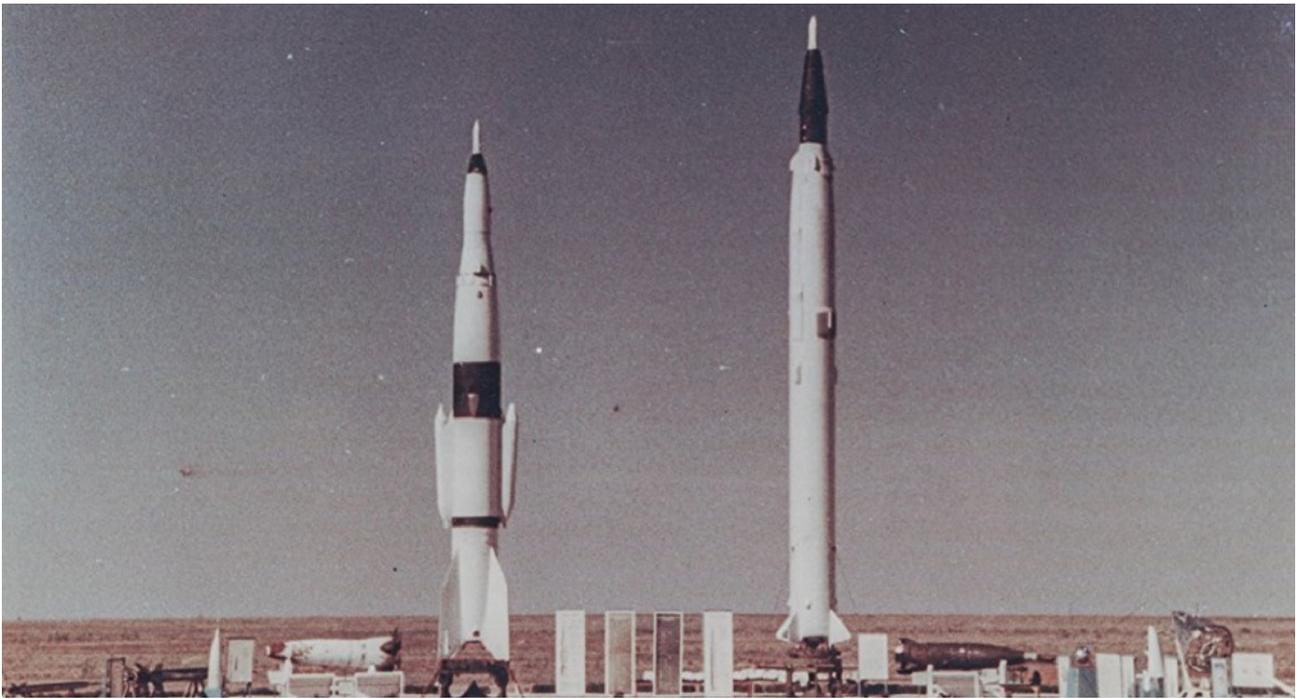
I MISSILI "GEOFISICI" CIVILI

Come accaduto per l'R-1, anche l'R-2 ebbe una lunga ed onorata carriera come razzo-sonda, ruolo nel quale fu utilizzato fino al 1962, ben oltre la radiazione della versione militare.

L'R-2A fu la prima variante utilizzata come razzo-sonda. Ne furono effettuati 47 lanci, tutti riusciti. Gli R-2A compirono studi sull'alta atmosfera, sulla ionosfera, sui raggi ultravioletti e furono anche effettuati esperimenti biologici con vari animali: cani, scimmie, conigli, criceti e topi.

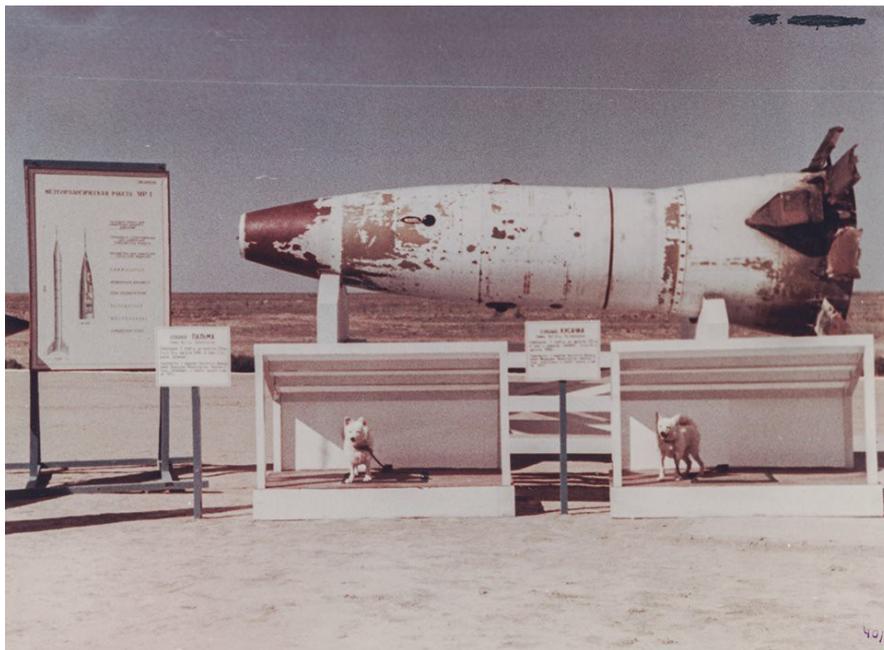
Gli R-2A utilizzavano un "container" MS, del peso di 1.400 kg, al posto della testata bellica; esso era dotato di dispositivi di frenaggio posti sullo stabilizzatore aerodinamico anulare, che riducevano la velocità di rientro a circa 100-150 m/s, prima di passare al recupero tramite paracadute. Furono anche dotati di due "pod" per analisi dell'atmosfera posti ai lati del razzo, sullo stabilizzatore aerodinamico ad anello, che venivano eiettati alla conclusione degli esperimenti. Questa configurazione era stata adottata per evitare che i campioni d'aria presi venissero contaminati dai gas di scarico del motore.

Particolarmente significativi i voli biologici con cani, allo scopo di testare tecnologie e procedure di rientro per i successivi voli umani. Il primo volo con cani, Ryzhaya e Damka, fu effettuato da un R-2A il 16 maggio 1957 e salì ad una quota di 209 km. Furono effettuati due lanci nel maggio 1957, tre nell'agosto-settembre 1957, e due nell'agosto 1958, tutti da Kapustin Yar. Secondo una fonte, furono effettuati 13 lanci di R-2A con cani a bordo, nel periodo 1957-1960. Altri cani che volarono furono Belka, Zhuchka, Palma e Kusachka; quest'ultimo fu poi chiamato Otvazhnaya, "Valoroso", perché volò nello spazio per ben quattro volte. Parte dell'equipaggiamento testato per i voli con cani sull'R-2 fu riutilizzato per lo Sputnik 2 di Laika e per i voli con cani della Vostok.



Un razzo-sonda R-2A (a sinistra) assieme ad un R-5V *Vertikal*, versione civile dell'R-5 *Pobeda* (SS-3 "Shyster"). Si notano i due "pod" laterali per la raccolta di campioni dell'alta atmosfera (Ministero della Difesa Russo).

Incidentalmente, fu progettato alla fine degli anni Quaranta anche un "missile geofisico" con equipaggio il BP-190, ma i tempi decisamente non erano maturi. Versioni dell'R-2 per voli umani suborbitali furono effettivamente progettate da Korolëv nel 1957-58, alla stregua del Mercury/Redstone americano, ma fu deciso alla fine di proseguire direttamente con i voli orbitali R-7/Vostok. La quota massima raggiunta dagli R-2A fu di 212 km, anche se in genere gli esperimenti si svolgevano ad un'altezza variabile tra i 150 ed i 200 km. L'apogeo dell'R-2 era perciò il doppio di quello dell'R-1. L'ultimo lancio di un R-2 "geofisico" si ebbe il 21 maggio 1962.



Il compartimento del payload dell'R-2A, dopo il rientro in atmosfera, con i due cani Palma e Kusachka, a Kapustin Yar, circa settembre 1958 (Ministero della Difesa Russo).

L'R-2 IN CINA

Il 15 ottobre 1957 Unione Sovietica e Cina Popolare siglarono un accordo con il quale i sovietici si impegnavano a fornire ai cinesi il prototipo di una bomba atomica e due missili R-2, con la relativa documentazione più gli specialisti necessari ad avviare la produzione su licenza che fu concessa il 6 dicembre successivo. Il 24 dicembre 1957 arrivò a Pechino un battaglione dell'esercito sovietico con due R-2 che furono trasferiti in gran segreto alla Quinta Accademia, il centro di ricerca cinese per i missili balistici, fondato il 26 maggio 1956. Nel settembre 1958 erano pronti i piani di produzione per il nuovo Dongfeng ("Vento dell'Est"), diretto derivato dell'R-2 e primo missile militare della Repubblica Popolare Cinese, nell'ambito del "Progetto 1059". I sovietici cedettero ai cinesi, oltre agli R-2, anche gli R-1 e gli R-11F "Scud" navalizzati.

Nel 1959 era iniziata la costruzione, con l'aiuto sovietico, del centro di ricerca e sviluppo missilistico di Wan Yuan (o Wanyuan), circa a 30 km a sudovest di Pechino. Il centro era in grado di progettare e costruire missili dal tavolo da disegno al primo prototipo, e di effettuare i test statici.

Nel frattempo però si consumò la rottura tra Mao e Chruščëv e nell'agosto 1960 tutti i 1.343 tecnici e specialisti sovietici lasciarono la Cina. Nonostante ciò il 1° settembre 1960 un R-2 sovietico, ma con propellenti cinesi, veniva lanciato con successo dal nuovo balipodio di Jiuquan, la cui costruzione era iniziata nel 1956. Seguiva, sempre a Jiuquan, il primo Dongfeng-1 interamente cinese, il 5 novembre 1960, seguito da altri due esemplari nel novembre-dicembre 1960. Anche se fu costruito in pochi esemplari e non fu mai immesso in servizio, il Dongfeng-1 fu il capostipite di tutti i missili cinesi. È quindi un dato storico di fatto che l'A-4 di Peenemünde fu alla base della missilistica americana, sovietica, francese e cinese.

Il Dongfeng-1 (GlobalSecurity.org) aveva una lunghezza di 17,7 m, un diametro di 1,65 m, un peso al decollo di 20,5 tonnellate, una spinta di 37 tonnellate e un raggio d'azione di 590 km con un carico bellico di 500 kg. Il sistema di guida, come quello dell'R-2, era misto, inerziale più correzione della deviazione trasversale a mezzo di impulsi radio.

Il programma di sviluppo fu ritardato dall'arretratezza tecnologica generale, dalla scarsa formazione del personale, dalla scarsa qualità dei materiali disponibili e non per ultimo dalle intemperanze maoiste del "Grande Balzo in Avanti".



Il missile Dongfeng-1 in mostra al Museo Militare della Rivoluzione del Popolo Cinese (CC BY-SA 2.0 Martin Trolle Mikkelsen via WikiCommons).

DATI TECNICI

	Globalsecurity	FAS	Astronautix	Russianspaceweb
Total Length	21.0 m	21.0 m	17.65 m (17.68 m)	17.65 m
Core Diameter	1.7 m	1.7 m	1.65 m (1.83 m)	1.65 m
Span	3.6 m	3.6 m	3.56 m (4.27 m)	-
Empty Mass	4,592 kg	4,592 kg	4,592 kg	-
Total Mass	19,632 kg	19,632 kg	19,632 kg (20,091 kg)	20.4 t
Payload (standard)	508 kg	508 kg	508 kg (570 kg)	-
Payload (max)	-	-	1,350 kg	1,500 kg
Liftoff Thrust	37,210 kgf	37,210 kgf	364.90 kN	-
Vacuum Thrust	41,208 kgf	41,208 kgf	404.112 kN	-
Isp (sea level)	214 s	214 s	214 s	-
Isp (vacuum)	237 s	237 s	237 s	-
Burn time	85 s	85 s	85 s	-
Time of flight	7.5 min	7.5 min	7.5 min	-
Max velocity at burnout	2,175 m/s	2,175 m/s	2,175 m/s	-
Maximum altitude	171 km	171 km	171 km (150 km)	-
Range	550 km	550 km	550 km	600 km
Accuracy	8 km in range 4 km laterally	8 km in range 4 km laterally	8 km in range 4 km laterally	-

Alcuni dati su Astronautix sono riportati due volte con valori differenti; non è specificata a quale versione i valori si riferiscano.

BIBLIOGRAFIA

Steven J. Zaloga, *V-2 Ballistic Missile 1942-52*, London, Osprey Publishing 2013.

Giancarlo Marcozzi, *Le V-2 sovietiche*, «Aerei nella Storia», n.10 febbraio-marzo 2000.

<https://constantvariation.blogspot.com/2011/06/their-russians-were-as-good-as-our.html>

<https://it.wikipedia.org/wiki/R-2>

<https://web.archive.org/web/20080510095703/http://epizodsspace.testpilot.ru/bibl/r2/r2.html>

[https://en.wikipedia.org/wiki/R-2_\(missile\)](https://en.wikipedia.org/wiki/R-2_(missile))

[https://en.wikipedia.org/wiki/Dongfeng_\(missile\)#Dongfeng_1](https://en.wikipedia.org/wiki/Dongfeng_(missile)#Dongfeng_1)

<https://fas.org/nuke/guide/russia/theater/r-2.htm>

<https://www.globalsecurity.org/wmd/world/china/calt.htm>

<http://www.designationsystems.net/non-us/soviet.html>

<https://www.cia.gov/library/readingroom/docs/1964-12-01z.pdf>

<http://militaryrussia.ru/blog/topic-267.html>

<http://www.astronautix.com/r/r-2.html>

<http://novosti-kosmonavtiki.ru/forum/forum9/topic9165/>

<http://militaryrussia.ru/blog/topic-266.html>
<https://www.globalsecurity.org/wmd/world/china/df-1.htm>
<http://rgantd.ru/nauchnye-trudy-i-publikatsii/iz-istorii-gruppy-izucheniya-reaktivnogo-dvizheniya1.shtml>
<https://en.wikipedia.org/wiki/RDS-4>
<https://www.globalsecurity.org/wmd/world/russia/rds-4.htm>
<http://www.russianspaceweb.com/r2.html>
<http://mil.ru/files/files/kapyar/photos/index.html>
https://web.archive.org/web/20091014130516/http://missilethreat.com/missiles-of-the-world/id.117/missile_detail.asp
<http://sinodefence.com/df-1/>

© Tutti i materiali del portale Internet del Ministero della Difesa della Russia sono disponibili con [licenza Creative Commons Attribution 4.0](#)