

I rotabili di RFI Il treno Archimede

testo di Stefano Patelli (seconda parte)

Il cavallo di battaglia della diagnostica mobile è il treno "Archimede", in grado di effettuare una serie completa di misure integrate tra loro tali da fornire tutte le informazioni sullo stato dell'infrastruttura nella sua globalità e nei suoi diversi elementi. Con questo convoglio RFI si avvale della più alta tecnologia attuale nel campo della diagnostica mobile propedeutica alla manutenzione.



Una caratteristica importante di questo convoglio è la velocità di marcia di 200 km/h, ed il funzionamento indipendente delle singole carrozze in composizione, ciascuna equipaggiata con sistemi dedicati. Lo sviluppo e la realizzazione dei sofisticatissimi sistemi di misura in

opera su tale convoglio ha richiesto oltre 100.000 ore di lavoro. Archimede nasce a seguito di un capitolato di fornitura (1 anno di lavoro) stabilito da tecnici e legali di RFI (cliente del convoglio). Dopo la pubblicazione da parte di RFI di una gara d'appalto per la

realizzazione degli impianti suddetti, si è aggiudicato il progetto la nota Impresa MerMec di Monopoli (BA), già leader da anni nel settore meccanico ed elettronico (da ricordare la realizzazione del progetto Roger che ha visto la nascita di 3 sofisticati rotabili Diesel per i rilievi dell'infrastruttura norvegese, svizzera e coreana. Da ricordare, inoltre, che l'esemplare Roger 1000 per la Norvegia è stato omologato in Italia ed ha raggiunto -trainato- la velocità di 244 km/h sulla linea DD Chiusi-Firenze il 3 marzo del 2000). Un altro rotabile Diagnostico realizzato dalla MerMec è stato acquistato già da diversi anni dalle Ferrovie del Sud Est. Da subito il lavoro di progettazione di Archimede è stato affidato a 50 persone tra ingegneri e tecnici specializzati per poi impiegarne oltre 40 nelle opere di installazione e taratura delle apparecchiature realizzate. Tutto ciò ha richiesto circa 3 anni di lavoro ed una spesa globale di oltre 20 milioni di euro che ha compreso anche la disponibilità e l'adeguamento del materiale rotabile che compone il convoglio. La realizzazione di Archimede ha permesso di effettuare tipologie di misurazione fino all'epoca non possibili, ed il monitoraggio senza ricorrere all'interruzione delle linee ed ha permesso di aumentare la frequenza delle operazioni di visita con conseguente effetto immediato verso i tecnici operativi di terra. Un altro vantaggio è stata la possibilità di effettuare misurazioni di tipo diverso in modo contemporaneo e correlato (per esempio geometria del binario e della linea di contatto, interazione ruota-rotaia). Non meno importante è stata anche la possibilità di aumentare la velocità massima di diagnosi dai 160 (delle singole vetture diagnostiche) ai 200 km/h in modo tale da esasperare maggiormente l'infrastruttura in funzione della sempre maggiore velocità dei treni commerciali. Una maggiore velocità consente una migliore quantità e



qualità di diagnosi ed una minore occupazione delle linee percorse. L'Archimede realizza la cosiddetta "Diagnostica Predittiva" che permette di poter stabilire in anticipo il verificarsi di particolari tipi di anomalie dell'infrastruttura in modo tale da poter programmare gli interventi da parte dei tecnici sul posto, aumentando così la regolarità della circolazione e la disponibilità dell'infrastruttura. Fino alla realizzazione di Archimede, il monitoraggio veniva effettuato solo con rotabili equipaggiati con un numero limitato di sistemi diagnostici e non sempre integrati tra loro. Adesso il monitoraggio riguarda e correla tra loro tutti i componenti dell'armamento ferroviario (rotaie, traverse e massicciata), la funzionalità della catenaria e di tutti i suoi enti e di numerosi apparati tecnologici che controllano la circolazione. RFI, avvalendosi anche di MerMec, ha anticipato tutte le Reti Europee con questo progetto di base che consente il monitoraggio a 200 km/h con ben 119 parametri di misura. A livello Mondiale, solo il Giappone dispone di un progetto simile, ma



a cui l'Italia è già in grado di paragonarsi nella realizzazione di un sistema evoluto da applicarsi sui convogli diagnostici futuri ETRY500 1 e 2 rispettivamente di RFI - Istituto Sperimentale e Direzione Manutenzione ed RFI-Diagnostica, atti alla velocità di 300 km/h.

Le apparecchiature di bordo

Questo concentrato di tecnologia è costituito da 57 elaboratori con potenza-

lità di trasmissione dati di 30 GB al secondo, 24 laser, 43 sensori ottici/telecamere, 47 accelerometri, decine di sensori di forza, di velocità, di temperatura e di posizione; è presente anche una piattaforma inerziale realizzata da studi in campo avionico. Il tutto distribuito su tutta la lunghezza e composizione del convoglio. L'elettronica di tutti gli elaboratori di bordo è stata realizzata per essere immune a qualsiasi interferenza



In alto: Monzuno, foto M. Cacozza)
A lato: Archimede Milano



Da sinistra: la carrozza Taletè (foto S. Patelli), la carrozza oscillografica Vs 60 83 99-99 001-9 (ormai non più utilizzata, foto S. Patelli), la Aldebaran nei nuovi colori RFI (foto L. Pallotta) e la carrozza Cartesio (foto F. Maria).

A lato: la carrozza Talete, trainata dalla D 445 1016 viaggia con il treno NCLS 36493 Taranto-Reggio Calabria Centrale. (Soverato, 02/12/2009; foto R. Galati)
 In basso: l'automotrice Caronte, classificata 99 83 91 650 01 - 2, ripresa a Firenze Campo Marte. (07/11/2008; foto M. Sacco)
 In basso: la carrozza Euclide ripresa a Roma Tuscolana nel giugno del 2002. (Foto F. Maria)



elettromagnetica esterna. La trasmissione dei dati è assicurata mediante 5 km di cavi a fibra ottica, che si estendono per tutta la lunghezza del treno, con tecnologia Sonet/Sdh che è la più evoluta del momento relativamente ai sistemi di trasmissione dati (2.500 Mb/sec).

Le postazioni di controllo da parte dei tecnici di bordo sono concentrate solo su due carrozze del convoglio, mentre gli altri 4 elementi del treno dispongono di altre apparecchiature. Completano il progetto un sistema di interfono per le comunicazioni Bordo-Bordo e Bordo-Personale di Condotta, un'unità GSM-R per il collegamento con la rete mobile ferroviaria italiana, un sistema per la rilevazione degli incendi a bordo di ciascun rotabile ed un sistema anti-intrusione collegato e gestibile da alcune utenze GSM-R.

La composizione e le caratteristiche dei singoli rotabili

Il treno Archimede, se non fosse per la livrea ed i loghi tipici di RFI, ha le sembianze di un normalissimo treno Intercity di Trenitalia (spesso infatti, nelle stazioni, viaggiatori in attesa di treni commerciali, tentano di salire, e qualche volta accade che salgono, sul treno, pensando che sia il convoglio da loro atteso). Esso è composto da:

- locomotiva E 402 101RF (appartenente al gruppo di E 402 di seconda generazione con caratteristiche politensione); (in futuro dovrebbe essere rinumerata E402 901RF)
- 2 bagagliai UIC-X magazzino/apparecchiature/massa frenata;
- 1 carrozza Armamento di tipo Z1 (con adeguamenti strutturali effettuati a cura ditta Keller di Villacidro in Sardegna);
- 1 carrozza Impianti Elettrici (TE) di tipo

Z1 (con adeguamenti strutturali effettuati dalla Keller di Villacidro); - 1 carrozza Pilota di tipo Z1 che telecomanda la E 402 101RF.

La Pilota 61-83 99-90-049-6 Vnp mis

Trattasi dell'esemplare "Preserie" delle 25 unità in servizio sui convogli Intercity reversibili di Trenitalia. Questa unità, dopo avere effettuato tutti i test con UTMR-Italcertifer previsti per l'omologazione del gruppo, è rientrata alla ditta costruttrice (Costamasnaga) per la rimozione delle apparecchiature utilizzate e di parte della zona viaggiatori ed è stata acquistata da RFI per essere integrata con le seguenti apparecchiature; sala multimediale a 12 postazioni fisse con un grande tavolo per dimostrazione e riunioni; 2 proiettori multistandard per la proiezione dei dati rilevati e le immagini delle telecamere esterne su due megaschermi lenticolari; sala regia (posta nel-

la parte posteriore delle carrozza); apparecchiatura di diagnostica del Blocco Automatico e della rete dati-treno; saletta visitatori a 16 posti (ricavata con i sedili di origine).

All'esterno sono presenti: telecamere per video ispezione anteriore (con prospettiva del Personale di Condotta); antenne/Radar per GSM-R, GPS, SCMT ed ETRMS; sensori della corrente di ritorno della linea di contatto; sensori delle correnti del Blocco Automatico (codici di binario). Questa vettura è dotata di cabina di guida atta alla condotta del convoglio in modalità di telecomando; è presente, infatti, un banco di manovra del tutto identico a quello della locomotiva E 402B equipaggiato con tutte le apparecchiature di comando e sicurezza (dal 19 giugno 2006 anche con ETCS/ERTMS-SCMT, Vigilante, DIS, ecc.). Per ragioni inerenti al particolare hardware della E 402 101 RF e della vettura pilota stessa,



A lato: il treno Galileo composto dalla ALn 668 3173 e Ln 668 1408 a Bolzano, coadiuvato dalla E 656 033. (09/05/2007; foto A. Rovaran)

In basso: un'altra immagine del treno Galileo nella livrea RFI. (Foto F. Maria)

quest'ultima può telecomandare solo la E 402 101 (attraverso il sistema TCN 18 poli), al contrario delle 25 unità di Trenitalia che possono telecomandare indifferentemente le E 402A (13 poli) e le E 402B (18 poli).

La vettura impianti elettrici (TE) 61-83 99-90-032-2 Vmis

Questo elemento del convoglio consente di misurare gli impianti elettrici di alimentazione della linea. Il sistema ottico brevettato consente le misurazioni fino a velocità di 300 km/h utilizzando solo rilevatori statici che compiono oltre 2000 rilevazioni al secondo. Le principali installazioni su questa vettura sono: sala postazioni impianti di sicurezza e telecomunicazioni; apparati di diagnostica e comunicazioni telefoniche; torretta di ispezione della linea di contatto (aggiunge l'esperienza dell'occhio umano alla sensibilità degli strumenti dedicati (attualmente scarsamente utilizzata); sala postazioni tensione elettrica; apparati di diagnostica della tensione elettrica; apparati di rilevamento della progressiva chilometrica (sensibilità +/- 5 cm) con 4 postazioni collegate in rete; sala stampanti.

All'esterno sono presenti: pantografo FS 52 AV; pantografo ATR90 (rimosso recentemente per accogliere l'installazione di un nuovo sistema laser/ottico di rilevazione della linea di contatto che, tra l'altro, è già installato anche su una vettura Y che andrà in composizione all'ETRY500 2); radar velocità; sensori binario; antenne transponder (per la correzione automatica della progressiva chilometrica); rilevatori Target ottici (per la correzione automatica della progressiva chilometrica); odometri (rilevatori di spazio/velocità); telecamere video-ispezione;



sensori geometria linea di contatto; sensori di tensione linea di contatto; sensori di interazione pantografo-linea di contatto; antenne GPS e telecomunicazioni; gruppo elettrogeno.

Nel descrivere maggiormente alcuni di tali dispositivi si evidenzia anche la possibilità di rilevare l'usura ed il diametro del filo della linea di contatto con un margine di errore di un decimo di mm. Tutto

ciò, senza contatto fisico di alcun sensore con la catenaria stessa, viene realizzato con laser, telecamere, specchi che rilevano le anomalie segnalando agli operatori ed indicando l'esatta posizione con minimo scarto. I 2 pantografi sul tetto (attualmente, come detto, solo 1) consentono di effettuare alcune tipologie di misure dinamiche sulle sollecitazioni archetto-linea di contatto; il solle-

A lato: l'automotrice diagnostica Geocat n° 2 Laboratorio prove e misure, ripresa a San Pellegrino, sulla Firenze-Bologna. (15/05/2009; foto S. Patelli)
 In alto: particolare del pantografo diagnostico. (Milano C.le, foto S. Patelli)





In alto: l'ETR 500Y n° 2 dopo le corse prova in Turchia (di cui conserva la livrea con i loghi TCDD) sulla linea AV/AC Milano-Bologna. (PM Livraga, 23/10/2007; foto S. Patelli)

vamento di uno o 2 pantografi viene comunicato al Personale di Condotta per gli eventuali limiti di velocità normativi. La presenza di 2 pantografi diversi tra loro aveva il solo scopo di monitorare l'interazione con la linea di contatto al variare delle principali tipologie di pantografi in circolazione (52FS ed ATR90). Sono altresì presenti apparecchiature per rilevare la copertura GSM-R, GSM ed Etacs fino a 200 km/h, limite mai raggiunto fino ad ora nemmeno per monitoraggi stradali.

Questa possibilità, sulla base dei dati emersi, consente di comunicare alle società telefoniche (RFI e Private), gli interventi da effettuare in zone non coperte correttamente da segnale per ottimizzare le comunicazioni e di conseguenza gli standard di sicurezza.

**La vettura Armamento
61-83 99-90-031-4 Vmis**

Sulla vettura Armamento trovano allog-

gio apparecchiature atte al monitoraggio delle singole rotaie, dello scartamento, delle accelerazioni che si sviluppano sugli organi che costituiscono i carrelli e la cassa e sul comfort dei viaggiatori. Le principali installazioni su questa vettura sono: cabine letto, cabina doccia, spogliatoi per il personale e cucina; saletta stampanti; apparati dinamici di marcia; postazioni Armamento e Dinamica di marcia; apparati diagnostica dell'armamento; sala analisi dati.

All'esterno sono presenti: accelerometri in cassa, sugli assi e sulle boccole; antenna GPS; sensori rotaie (rilevazione piano di rotolamento); radar Velocità; rilevatori Target ottici; antenne Trasponder; odometri; telecamere per videoispezione armamento; telecamere per videoispezione linea di contatto; piattaforma inerziale (per il rilevamento delle sopraelevazioni del tracciato); gruppo Elettrogeno.

Il profilo e l'usura della rotaia, la geometria del binario (allineamento sul piano orizzontale e verticale), il rispetto della distanza e del dislivello tra le due rotaie (scartamento e sopraelevazione) sono rilevati da un sistema a laser coadiuvato

da telecamere. L'usura della rotaia è rilevata con strumentazioni con caratteristiche di errore inferiori al decimo di mm. Le accelerazioni sui carrelli e sulla cassa sono rilevate da sensori che rilevano rolli e beccheggi in tutte le condizioni marcia. Tutte queste apparecchiature trovano alloggio sui carrelli, e sotto il pianale della cassa e dialogano con la strumentazione di bordo mediante telemetria a radio-frequenza.

**I due Bagagliai 61-83 99-90-034-8 Vmis
e 61-83 99-90-033-0 Vmis**

Questi 2 rotabili oltre a realizzare l'opportuna massa frenata del convoglio che gli consente, dal punto di vista regolamentare, di raggiungere la massima velocità di 200 km/h (pmf totale del 126%), svolgono anch'esse un ruolo fondamentale per il funzionamento dell'intero complesso diagnostico.

All'esterno (imperiale) sono solo presenti ulteriori telecamere per la video ispezione della linea di contatto verso la locomotiva e verso la parte opposta e 2 antenne wireless LAN e GSM.

Mentre all'interno trovano alloggio im-



In alto: l'ETR 500Y n° 2 dopo le corse prova in Turchia (di cui conserva la livrea con i loghi TCDD) sulla linea AV/AC Milano-Bologna. (PM Livraga, 23/10/2007; foto S. Patelli)

portanti apparecchiature tra cui un importante sistema di autodiagnosi di tutte le apparecchiature presenti a bordo ed inoltre: magazzino attrezzi e strumentazioni; magazzino ricambi; officina; ex saletta capotreno con postazione unità diagnostica di sistema (vettura 5); - gruppo elettrogeno (solo sulla vettura 5) a funzionamento automatico in assenza dell'erogazione del REC da parte della locomotiva o a funzionamento manuale.

All'esterno del bagagliaio 4 è stato recentemente installata un'apparecchiatura aggiuntiva "Track-Eye" atta alla rilevazione della regolarità del binario (traverse, massicciata, ecc.).

La E 402 101 RF

Il mezzo di trazione del convoglio Archimede è, come prima anticipato, la E 402 101 RF, unità di "Preserie" del gruppo E 402 B (101÷180) consegnata ad FS da Ansaldo-Breda il 19 dicembre 1996. Questa unità, prima esemplare del gruppo, dal 30/12/96 al 16/7/1999 ha effettuato tutte le attività di prova con UTMR/Italcertifer per l'omologazione del gruppo in zona Napoli, Firenze, Orte, Grosseto e Brennero; successivamente è stata assegnata alla Divisione Infrastruttura di FS, poi RFI. Inoltre dal maggio 2002 ha ricevuto, da MerMec, la livrea RFI bianco-azzurra in sostituzione di quella d'origine. La E 402 101RF è una locomotiva a 2 carrelli a 2 assi con un peso di 88 t, velocità massima omologazione pari a 220 km/h (200 km/h in eser-

cizio); può essere utilizzata sotto catenaria alimentata a 3 kV cc e 25 kV ca con una potenza massima di 6 MW e sotto catenaria alimentata a 1,5 kV cc con una potenza massima di 4,5 MW.

Queste caratteristiche, la recente implementazione dell'apparecchiatura SCMT-ETCS/ERTMS (dal 19/6/06) e l'applicazione di 2 pantografi diversi tra loro (con diverse caratteristiche degli striscianti e delle pressioni di esercizio), le consentono di viaggiare anche sulle linee AV/AC di recente attivazione ed in fase di certificazione. Attualmente è l'unico mezzo "pesante" italiano che può viaggiare sotto catenaria a 25 kV ca, in quanto tutte le restanti E 402 B di Trenitalia (comprese le unità 139÷158) hanno subito alcune modifiche al proprio software che non le rendono atte a tali circolazioni e non dispongono di apparecchiature ETCS/ERTMS.

La E 402 101 RF è l'unica locomotiva italiana ad essere equipaggiata permanentemente con apparecchiature diagnostiche fisse. Questa scelta consente di monitorare l'Infrastruttura anche al passaggio di rotabili aventi tale peso (vicino al valore massimo ammesso su RFI di 22,5 t/asse, in servizio commerciale).

Le apparecchiature diagnostiche installate a bordo, oltre a quelle proprie della locomotiva sono: armadi apparecchiature di gestione dati rilevati;

All'esterno sono presenti: sensori di corrente del Blocco Automatico (codici di binario); telecamere di video ispezione con prospettiva del Personale di Condotta; sensore archi elettrici; accelerometri della cassa e degli assi; sensori della geometria della linea di contatto; sensori di interazione pantografo-catenaria; senso-

ri tensione/corrente della linea di contatto; estensimetri sospensione primaria; antenne/Radar per GSM-R, GPS, SCMT ed ETRMS.

La rilevazione dello scartamento (sotto carico massimo) montato nel sottocassa invia la propria misurazione alla strumentazione del convoglio e viene confrontato istante per istante con il valore rilevato da quello posto sotto la vettura Armamento (a carico normale). Stesso confronto è realizzato per i valori della geometria della catenaria rilevati nel punto con il pantografo in presa ed in un punto a distanza dalla vettura TE. Spesso accade che, per ragioni di manutenzione straordinaria, la locomotiva titolare del convoglio Archimede non sia disponibile; in tal caso viene utilizzata, a seguito accordi di "service" una locomotiva di Trenitalia (di norma una E 652-E 444-E 656-E 402A/B). Sebbene vengano a mancare alcuni test eseguibili dalla E402 101, il convoglio ha comunque una sua piena efficienza. Le recenti operazioni di pesatura dei singoli rotabili del convoglio, hanno stabilito una riduzione della percentuale di massa frenata totale (da 125% al 115%) con conseguenti impatti sulla massima velocità di esercizio su alcuni tratti di linea. Per ovviare a tale aspetto, è previsto che sia inserita in composizione una 6° carrozza come zavorra. Sono già state acquisite alcune vetture UIC-X da parte di RFI-Manutenzione per la realizzazione delle opportune modifiche per rendere una di esse passante per il treno Archimede.

La circolazione del treno Archimede

Dall'entrata in esercizio del convoglio Archimede, le linee percorse sono state





sempre le 3 direttrici principali, le linee di confine e le principali linee trasversali. Attualmente, il turno, opportunamente allargato anche alle ore notturne, riesce a comprendere quasi tutte le linee principali. Per ora sono escluse dal percorso le interconnessioni attive delle linee DD ed AV-AC. La percorrenza del treno è di circa 80.000 km all'anno con una media di 450 km al giorno. Le principali direttrici e linee AV vengono percorse ogni 2 settimane, altre linee una volta al mese ed altre ancora ogni 3 mesi. Per il convoglio Archimede, percorrere una linea significa effettuare la diagnosi su entrambi i binari (se a doppio) compresi i binari di corretto tracciato delle stazioni (quest'ultima situazione non sempre realizzabile per ragioni di traffico commerciale). Il turno di lavoro del convoglio prevede di norma 3 settimane di lavoro ed una di sosta per manutenzione, ma non sempre questa cadenza viene rispettata. A bordo del convoglio prestano servizio circa 10-12 persone per turno: oltre al Personale di condotta (di norma appartenente ad RFI-Istituto Sperimentale o Diagnostica o molto raramente a Trenitalia-Pax) sono presenti un coordinatore del personale tecnico, tecnici/operatori di RFI e della Ditta Progettista MerMec.

Gli operatori hanno il compito di verificare il corretto funzionamento delle apparecchiature diagnostiche e di archiviare i dati raccolti al termine di ogni turno lavorativo giornaliero. I dati più salienti (anormalità di particolare rilievo che necessitano interventi

immediati o a brevissimo termine) vengono inviati al presidio CEI di giurisdizione locale (Coordinatore Esercizio Infrastruttura - in Italia ve ne sono 15). L'impegno medio dell'intera forza del personale che opera a bordo del convoglio Archimede ammonta ad una media di 17.000 ore/uomo all'anno. I dati più critici rilevati dall'Archimede vengono comunicati, quasi in tempo reale al personale preposto a terra (operatori del settore CEI e del "SOME - Mantenimento in Efficienza" di cui, per quest'ultimo settore, un rappresentante è quasi sempre a bordo del treno in base alla propria giurisdizione) mediante un fax GSM corredato, se necessario, anche di opportune fotografie. L'insieme dei dati rilevati viene, inoltre, immagazzinata dai sistemi di bordo e viene inviata al Centro Diagnostico di Roma Tuscolana. Il sistema è inoltre predisposto per l'invio di tali dati mediante collegamento Wireless alla rete "Fire" (utilizzata anche da Trenitalia per le tele-prenotazioni) in occasione del passaggio in prossimità delle postazioni up-load dislocate lungo la linea e durante la notte sfruttando il minor carico della rete. Al ricevimento dei suddetti dati, i tecnici preposti presso il Cen-

tro Diagnostico di Roma con la collaborazione continua dei tecnici MerMec di Monopoli, elaborano i dati della corsa stessa e gli oltre 200.000 MB rilevati ogni mese.

Il sistema messo a punto dalla affermata Ditta pugliese è altamente complesso e necessita una continua assistenza e messa a punto da parte dei 14 esperti di settore che sono specializzati nel seguire le varie sezioni diagnostiche del treno. I dati raccolti ed elaborati vengono immessi, dalle postazioni di Roma Tuscolana, nel sistema "In-Rete 2000", il sistema informatico di RFI che governa l'intero ciclo di manutenzione di tutta la rete. Questa banca dati è quindi a disposizione dei vari settori della manutenzione che può così programmare i vari interventi sulla base delle priorità.

Il Futuro di Archimede

A seguito dell'aumento del peso che hanno subito i rotabili che compongono il convoglio Archimede a causa delle apparecchiature di bordo, è previsto che venga aggiunta in composizione al convoglio una vettura UIC-X zavorra-magazzino opportunamente modificata per consentire il passaggio delle varie con-

dotte elettriche ed a fibra ottica. La vettura dovrà ricevere la livrea del convoglio. Inoltre, è nelle intenzioni della Direzione-Diagnostica di realizzare un secondo convoglio a 200 km/h con le caratteristiche del treno Archimede, ma per adesso non si conoscono ulteriori dettagli al riguardo.

