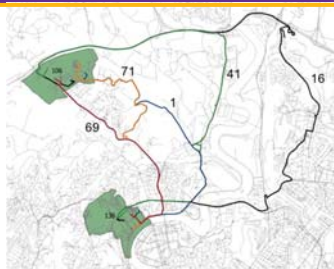




la passion du rail

Poste Italiane S.p.A. - Speciazione in abbonamento postale - d.l. 353/2003 (conv. in l. 27/02/2004 n. 46) art. 1, comma 1 - DCB Roma ISSN - 0020 - 0956

In questo numero In this issue



“Big Data” per modelli e servizi di trasporto
“Big Data” for transport models and services



Manutenzione predittiva ferroviaria e “Internet of Things”
Railway predictive maintenance and “Internet of Things”



Costruzioni Linee Ferroviarie



il futuro corre su binari sicuri dal 1945

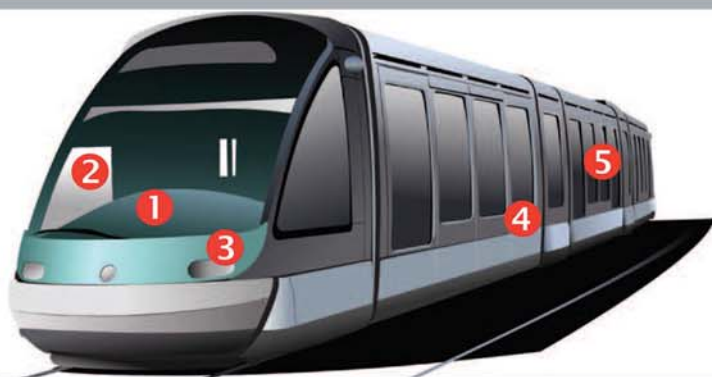
CLF con le società controllate, Sifel, Tes e Sitec ha raggiunto, in oltre mezzo secolo di storia, un elevato grado di specializzazione nella progettazione, manutenzione e realizzazione di nuove linee ferroviarie, tranviarie e metropolitane in Italia e all'estero.

La forza che spinge CLF verso lo sviluppo è la conoscenza di tutto il processo sia nel campo delle infrastrutture che nel settore del materiale rotabile.



TecnelSystem S.p.A.

equipaggiamenti elettrici industriali



TECNEL SYSTEM S.p.A., presente nel settore dei trasporti da oltre 40 anni, offre soluzioni, anche personalizzate, che garantiscono assoluta affidabilità.

- 1 Segnalazione e Comando per Banchi di Manovra, Pressacavi EN 45545
- 2 Pulsanti, Segnalatori, Lampade LED e Selettori in acciaio inox a chiave quadrata
- 3 Sirene Elettroniche, Campane e Buzzer
- 4 Pulsanti "Self" apertura porte, Avvisatori Acustici multi-tono e Indicatori di Stato TSI
- 5 sensori presenza e comando porte, Bordi sensibili ad onda d'aria serie DW, elettrici ESLE, Cavi EN



Bordi sensibili serie DW, ESLE



Cavi norme EN



Interruttori serie DW



Jumper



Pressacavi EN 45545



Pulsanti "Self" apertura porte serie 56



Selettori in acciaio inox a chiave quadrata



Comando porte



Lampade e LED



Serie 57



Pulsanti luminosi dia 16, 22.5 e 30.5 mm

Tecnel System S.p.A.
 20126 Milano
 Via Brunico, 15
 Tel. 02 2578803 (ric. aut.)
 Telefax 02 27001038
 Internet: www.tecnelsystem.it
 E-mail: sales@tecnelsystem.it



CERT. Nr. 9101. TNLS
 UNI EN ISO9001:2015

TecnelSystem S.p.A.
 equipaggiamenti elettrici industriali

I SOCI COLLETTIVI DEL COLLEGIO INGEGNERI FERROVIARI ITALIANI

A.N.M. S.p.A. - AZIENDA NAPOLETANA MOBILITÀ – NAPOLI
A.T.A.C. S.p.A. - AGENZIA PER LA MOBILITÀ DEL COMUNE DI ROMA - ROMA
ABB S.p.A. - SESTO SAN GIOVANNI (MI)
ALPIQ ENERTRANS S.p.A. - MILANO
ALSTOM FERROVIARIA S.p.A. – SAVIGLIANO (CN)
ANIAF - ASSOCIAZIONE NAZIONALE IMPRESE ARMAMENTO FERROVIARIO - ROMA
ANSALDO STS S.p.A. - GENOVA
ANSF - AGENZIA NAZIONALE PER LA SICUREZZA DELLE FERROVIE – FIRENZE
AREM - AGENZIA REGIONALE PER LE MOBILITA' NELLA REGIONE PUGLIA - BARI
ARMAFER S.r.l. – LECCE
ASS.TRA - ASSOCIAZIONE TRASPORTI - ROMA
ASISFER - ASSOCIAZIONE INDUSTRIE FERROVIARIE - MILANO
ATM S.p.A. - MILANO
B. & C. PROJECT S.r.l. – SAN DONATO MILANESE (MI)
BASF CONSTRUCTION CHEMICALS ITALIA S.p.A. - TREVISO
BOMBARDIER TRANSPORTATION ITALY S.p.A. – VADO LIGURE (SV)
BONOMI EUGENIO S.p.A. - MONTICHIARI (BS)
BRESCIA INFRASTRUTTURE S.r.l. – BRESCIA
BUREAU VERITAS ITALIA S.p.A. - MILANO
C.L.F. - COSTRUZIONI LINEE FERROVIARIE S.p.A. - BOLOGNA
CARLO GAVAZZI AUTOMATION S.p.A. - LAINATE (MI)
CARROZZERIA NUOVA S. LEONARDO S.r.l. - SALERNO
CEIT IMPIANTI S.r.l. - SAN GIOVANNI TEATINO (CH)
CEMBRE S.p.A. - BRESCIA
CEMES S.p.A. - PISA
CEPRINI COSTRUZIONI S.r.l. - ORVIETO (TR)
COET S.r.l. - COSTRUZIONI ELETTROMECCANICHE - S. DONATO M. (MI)
COMESVIL S.p.A. – VILLARICCA (NA)
COMMEL S.r.l. - ROMA
CONSORZIO SATURNO - ROMA
CONSULTSISTEM S.r.l. - ROMA
COSTRUIRE ENERGIE S.r.l. - GUIDONIA MONTECELIO (RM)
CZ LOKO ITALIA S.r.l. – PORTO MANTOVANO (MN)
D&T S.r.l. – MILANO
D'ADIUTORIO APPALTI E COSTRUZIONI S.r.l. UNIPERSONALE – MONTORIO AL VOMANO (TE)
D.G.L. S.a.s. di LUGINI GIUSEPPE & C. - GUIDONIA MONTECELIO (RM)
DUCATI ENERGIA S.p.A. - BOLOGNA
DYNASTES S.r.l. - ROMA
E.T.A. S.p.A. – CANZO (CO)
ELETECH S.r.l. - MODUGNO (BA)
ECM S.p.A. – SERRAVALLE PISTOIESE (PT)
ENTE AUTONOMO VOLTURNO S.r.l. – NAPOLI
EREDI GIUSEPPE MERCURI S.p.A. - NAPOLI
ESIM S.r.l. – BARI
ETS S.r.l. - SOCIETÀ DI INGEGNERIA - LATINA
EULEGO S.r.l. - TORINO
FADEP S.r.l. - NAPOLI
FFS SA - FERROVIE FEDERALI SVIZZERE SA - BIASCA (SVIZZERA)
FAIVELEY TRANSPORT ITALIA S.p.A. - PIOSSASCO (TO)
FASE S.a.s. DI EUGENIO DI GENNARO & C. - SENAGO (MI)
FER S.r.l. - FERROVIE EMILIA ROMAGNA – FERRARA
FERONE PIETRO & C. S.r.l. - NAPOLI
FERROTRAMVIARIA S.p.A. - BARI
FERROVIE APPULO LUCANE S.r.l. - BARI
FERROVIE NORD MILANO S.p.A. - MILANO
FERSALENTO S.r.l. – COSTRUZIONI EDILI FERROVIARIE – LECCE
FERSERVICE S.r.l. – BAGHERIA (PA)
FONDAZIONE DI PARTECIPAZIONE I.T.S. - M.S.T.F. - MADDALONI (CE)
FONDAZIONE FS ITALIANE – ROMA
FRANCESCO COMUNE COSTRUZIONI S.r.l. - GIUGLIANO IN CAMPANIA (NA)
FRANCESCO VENTURA COSTRUZIONI FERROVIARIE S.r.l. – PAOLA (CS)
G.C.F. - GENERALE COSTRUZIONI FERROVIARIE S.p.A. - ROMA
GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO BBT SE - BOLZANO
GENERAL IMPIANTI DEL GRUPPO LOCCIONI S.r.l. – MAIOLATI SPONTINI (AN)
GRANDI STAZIONI RAIL S.p.A. - ROMA
GRANDUCATO EDILIZIA ED ENERGIA S.r.l. - BIBBIENA (AR)
H.T.C. S.r.l. - LEINI (TO)
HITACHI RAIL ITALY - NAPOLI
HUPAC S.p.A. – BUSTO ARSIZIO (VA)
I.Ce.P S.p.A. - BUCCINO (SA)
IMATEQ ITALIA S.r.l. – RIVALTA SCRIVIA (AL)
IMPRESA SILVIO PIERBON S.a.s. - BELLUNO
INTECS S.p.A. – ROMA
I.R.C.A. S.p.A. - DIVISIONE RICA – VITTORIO VENETO (TV)
ISTITUTO ITALIANO PER IL CALCESTRUZZO Sr.l. - RENATE (MB)
ITT CANNON VEAM ITALIA S.r.l. – LAINATE (MI)
ITALFERR S.p.A. - ROMA
IVECOS S.p.A. – VITTORIO VENETO (TV)
JAMPEL S.r.l. - BOLOGNA
KNORR-BREMSE RAIL SYSTEMS ITALIA S.r.l. - CAMPI BISENZIO (FI)
KRAIBURG STRAIL GMBH & CO. KG – TITTMONING (Germania)
LA FERROVIARIA ITALIANA S.p.A. – AREZZO
LEICA GEOSYSTEMS S.p.A. – CORNAGLIANO LAUDENSE (LO)
LOTRAS S.r.l. - FOGGIA
LUCCHINI RS S.p.A. - LOVERE (BG)
MARGARITELLI FERROVIARIA S.p.A. – PONTE SAN GIOVANNI (PG)
MATISA S.p.A. - S. PALOMBA (RM)
MESAR S.r.l. - GUIDONIA MONTECELIO (RM)
METRO BLU S.c.r.l. - MILANO
METRO 5 S.p.A. - MILANO
MER.MEC S.p.A. - MONOPOLI (BA)
MM – METROPOLITANA MILANESE – MILANO
MICOS S.p.A. - BORGO PIAVE (LT)
MONT-ELE S.r.l. - GIUSSANO (MI)
MORFU S.r.l. – ROSSANO (CS)
NATIONAL INSTRUMENTS ITALY S.r.l. – ASSAGO (MI)
NET ENGINEERING S.p.A. - MONSELICE (PD)
NICCHERI TITO S.r.l. - AREZZO
ORA ELETTRICA S.r.l. - S. PIETRO ALL'OLMO – CORNAREDO (MI)
PFISTERER S.r.l. - PASSIRANA DI RHO (MI)
PLASSER ITALIANA S.r.l. – VELLETRI (RM)
PROGETTO BR S.r.l. - COSTA DI MEZZATE (BG)
PROGRESS RAIL INSPECTION & INFORMATION SYSTEMS S.r.l. - FIRENZE
PROJECT AUTOMATION S.p.A. - MONZA (MI)
QSD SISTEMI S.r.l. – PESSANO CON BORNAGO (MI)
R.F.I. S.p.A. - RETE FERROVIARIA ITALIANA - ROMA
RAILTECH – PANDROL ITALIA S.r.l. – SAN'ATTO (TE)
REGIONE LOMBARDIA – DG INFRASTRUTTURE E MOBILITÀ – MILANO
RUREDIL S.p.A. - SAN DONATO MILANESE (MI)
SALCEF S.p.A. - COSTRUZIONI EDILI E FERROVIARIE S.p.A. – ROMA
S.I.C.E. DI ROCCHI ROBERTO & C. - CHIUSI (PI)
SCALA VIRGILIO & FIGLI S.p.A. - MONTEVARCHI (AR)
SCHAEFFLER ITALIA S.r.l. - MOMO (NO)
SCHWEIZER ELECTRONIC S.r.l. - MILANO
SICURFERR S.r.l. – CASORIA (NA)
SIEMENS S.p.A. - MILANO
SILSUD S.r.l. - FERENTINO (FR)
SIMPRO S.p.A. - BRANDIZZO (TO)
SINAR S.r.l. - ADELFA (BA)
SINTAGMA S.r.l. - PERUGIA
SIRTI S.p.A. – MILANO
SPEKTRA S.r.l. - VIMERCATE (MI)
SPII S.p.A. - SARONNO (VA)
SPITEK S.r.l. - PRATO
STA - STRUTTURE TRASPORTO ALTO ADIGE S.p.A. - BOLZANO
STADLER RAIL AG - BUSSNANG - SVIZZERA
SVECO S.p.A. – BORGO PIAVE (LT)
SYSNET TELEMATICA S.r.l. - MILANO
T.M.C. S.r.l. - TRANSPORTATION MANAGEMENT CONSULTANT – POMPEI (NA)
TE.SI.FER. S.r.l. - FIRENZE
TECNOLOGIE MECCANICHE S.r.l. – ARICCIA (RM)
TEKFER S.r.l. - ORBASSANO (TO)
TELEFON S.p.A. – VERONA
TESMEC SERVICE S.p.A. – BARI
THALES ITALIA S.p.A. – SESTO FIORENTINO (FI)
THERMIT ITALIANA S.r.l. – RHO (MI)
TRENITALIA S.p.A. – ROMA
TRENORD S.r.l. - MILANO
TRENTO TRASPORTE S.p.A. – TRENTO
VOITH TURBO S.r.l. – REGGIO EMILIA
VOSSLOH SISTEMI S.r.l. - SARSINA (FO)
WEGH GROUP S.p.A. - FORNOVO DI TARO (PR)
ZETA VU S.r.l. - SOCIETÀ DI INGEGNERIA - BARLETTA

INDICE ALFABETICO DEGLI ANNUNZI PUBBLICITARI

AMRA S.p.A. – Macherio (MI)	pagina 433
CLF S.p.A. – Bologna (BO)	II copertina
ECM S.p.A. – Serravalle Pistoiese (PT)	IV copertina
ELETECH S.r.l. – Modugno (BA)	pagina 464
MATISA S.p.A. – Pomezia (RM)	I copertina
PANTECNICA S.p.A. – Rho (MI)	pagina 407
PLASSER Italiana S.r.l. – Velletri (RM)	III copertina
TECNEL SYSTEM S.p.A. – Milano (MI)	pagina 405
SELVISTEC S.r.l. – Ferrara (FE)	pagina 408



Pantecnica[®] SPA

www.pantecnica.it

DIVISIONE

GMT[®]

AZIENDA CON SISTEMA
DI GESTIONE QUALITÀ
CERTIFICATO DA DNV GL
= ISO 9001 =

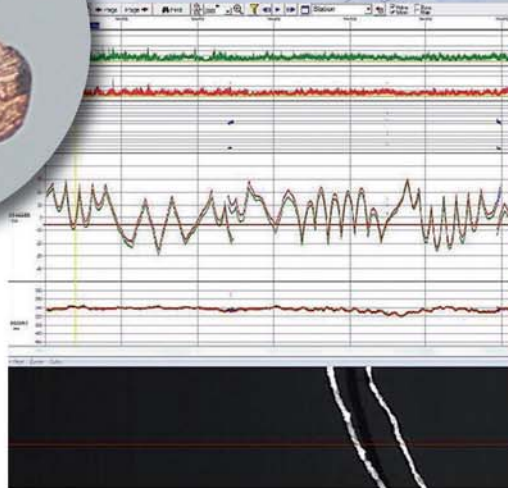
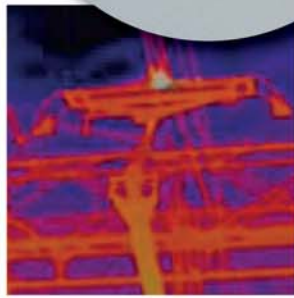
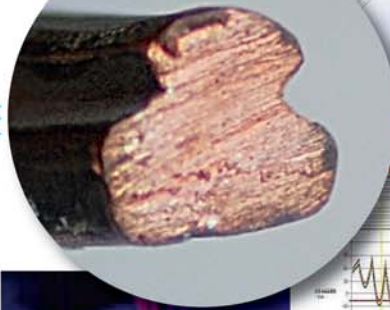
AZIENDA CON SISTEMA
DI GESTIONE QUALITÀ
CERTIFICATO DA DNV GL
= AS/EN 9120 =

IRIS
Certification

MOLLE AD ARIA
per
SOSPENSIONI SECONDARIE
COMFORT IN SICUREZZA
e ALTA AFFIDABILITA'

Via Magenta, 77/14A - 20017 Rho (Mi) Tel. 02.93.26.10.20 - Fax 02.93.26.10.90 E-mail: info@pantecnica.it

- ALTEZZA
- POLIGONAZIONE
- USURA



misura della **LINEA ELETTRICA**

servizi e sistemi di misura dei **binari** e della **linea elettrica** per

ferrovie •

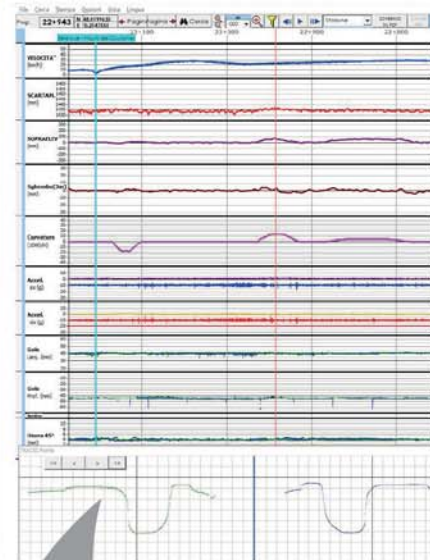
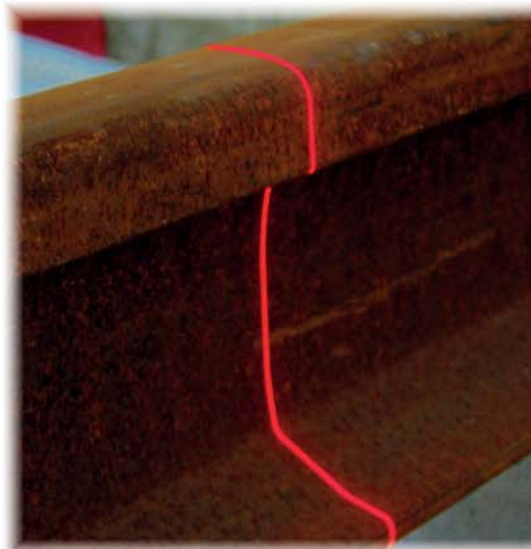
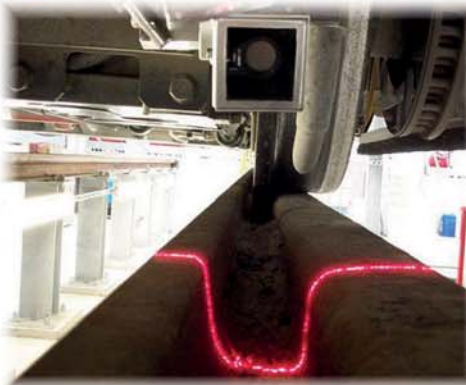
metropolitane •

tramvie •

la diagnostica al servizio della manutenzione

misura dei **BINARI**

- PROFILO
- GEOMETRIA
- USURA



www.selectravis.com
info@selectravis.com

Selectra *vision*



Contatti - Contacts

Tel. 06.4742987
E-mail: redazioneif@cifi.it - notiziari.if@cifi.it - direttore.if@cifi.it
Indirizzo skype: REDAZIONE I.F. C.I.F.I.

Servizio Pubblicità - Advertising Service

Roma: 06.47307819 - redazioneip@cifi.it
Milano: 02.63712002 - 339.1220777 - segreteria@cifimilano.it

Direttore - Editor in Chief

Stefano RICCI

Vice Direttore - Deputy Editor in Chief

Valerio GIOVINE

Comitato di Redazione - Editorial Board

Benedetto BARABINO
Massimiliano BRUNER
Gianfranco CAU
Maurizio CAVAGNARO
Federico CHELI
Giuseppe Romolo CORAZZA
Maria Vittoria CORAZZA
Biagio COSTA
Bruno DALLA CHIARA
Salvatore DI TRAPANI
Anders EKBERG
Alessandro ELIA
Luigi EVANGELISTA
Carmen FORCINITI
Attilio GAETA
Ingo HANSEN
Simon David IWNIKI
Marino LUPI
Adoardo LUZI
Gabriele MALAVASI
Giampaolo MANCINI
Enrico MINGOZZI
Elena MOLINARO
Francesco NATONI
Luca RIZZETTO
Stefano ROSSI
Francesco VITRANO
Dario ZANINELLI

Consulenti - Consultants

Giovannino CAPRIO
Paolo Enrico DEBARBIERI
Giorgio DIANA
Antonio LAGANÀ
Emilio MAESTRINI
Renato MANIGRASSO
Mauro MORETTI
Silvio RIZZOTTI
Giuseppe SCIUTTO

Redazione - Editorial Staff

Massimiliano BRUNER
Francesca PISANO
Marisa SILVI

**Collegio Ingegneri Ferroviari Italiani**

Associazione NO PROFIT con personalità giuridica (n. 645/2009)
iscritta al Registro Nazionale degli Operatori della Comunicazione
(ROC) n. 5320 - Poste Italiane SpA - Spedizione in abbonamento
postale - d.l. 353/2003

(conv. In l. 27/02/2004 n. 46) art. 1 - DBC Roma
Via Giovanni Giolitti, 48 - 00185 Roma
E-mail: cifi@mclink.it - u.r.l.: www.cifi.it
Tel. 06.4742987 - Fax 06.4742987
Partita IVA 00929941003

Orario Uffici: lun.-ven. 8.30-13.00 / 13.30-17.00
Biblioteca: lun.-ven. 9.00-13.00 / 13.30-16.00

Indice

Anno LXXIII | **Maggio 2018** | 5**OPPORTUNITÀ OFFERTE DAI 'BIG DATA' PER LO SVILUPPO
DI NUOVI MODELLI E SERVIZI DI TRASPORTO
BIG DATA OPPORTUNITIES FOR NEW TRANSPORT MODELS
AND SERVICES**

Chiara COLOMBARONI

Gaetano FUSCO

Natalia ISAENKO

411**LA MANUTENZIONE PREDITTIVA FERROVIARIA
ED IL RUOLO ABILITANTE DELL' "INTERNET OF THINGS"
THE RAILWAY PREDICTIVE MAINTENANCE
AND THE ENABLING ROLE OF THE "INTERNET OF THINGS"**

Antonio LUGARÀ

434**Vita del CIFI
Visita degli Studenti di Ingegneria alla Galleria
del Passante Ferroviario in corso di scavo
meccanizzato con TBM**

G. TRAPANI (SEZIONE CIFI DI PALERMO)

465**Notizie dall'interno****471****Condizioni di Abbonamento a IF - Ingegneria Ferroviaria
Terms of subscription to IF - Ingegneria Ferroviaria****483****Notizie dall'estero***News from foreign countries***484****IF Biblio****498****Elenco di tutte le Pubblicazioni CIFI****503****Fornitori di prodotti e servizi****505**

La riproduzione totale o parziale di articoli o disegni è permessa citando la fonte.
The total or partial reproduction of articles or figures is allowed providing the source citation.

LINEE GUIDA PER GLI AUTORI

(Istruzioni su come presentare un articolo per la pubblicazione su "IF - Ingegneria Ferroviaria")

La collaborazione è aperta a tutti.

Gli articoli possono essere proposti per la pubblicazione in lingua italiana e/o inglese. La pubblicazione è comunque bilingue.

L'ammissione di uno scritto alla pubblicazione non implica, da parte della Rivista, riconoscimento o approvazione delle teorie sviluppate o delle opinioni manifestate dall'Autore.

La Direzione della rivista si riserva il diritto di utilizzare gli articoli ricevuti anche per la loro pubblicazione su altre riviste del settore edite da soggetti terzi, sempre a condizione che siano indicati la fonte e l'autore dell'articolo.

Al fine di favorire la presentazione degli articoli, la loro revisione da parte del Comitato di Redazione e di agevolare la trattazione tipografica del testo per la pubblicazione, si ritiene opportuno che gli Autori stessi osservino gli standard di seguito riportati.

- 1) L'articolo dovrà essere necessariamente fornito in formato elettronico accettato dalla redazione, preferibilmente WORD per Windows, via e-mail, CD-Rom, DVD o pen-drive.
- 2) Tutte le figure (fotografie, disegni, schemi, ecc.) devono essere fornite complete di didascalia, numerate progressivamente e richiamate nel testo. Queste devono essere fornite in formato elettronico (e-mail, CD-Rom, DVD o pen-drive) e salvate in formato TIFF o EPS ad alta risoluzione (almeno 300 dpi). E' inoltre richiesto l'invio delle stesse immagini in formato compresso JPG (max. 50 KB/immagine). E' inoltre possibile includere, a titolo di bozza d'impaginazione, una copia cartacea che comprenda l'inserimento delle figure nel testo.
- 3) Nei testi presentati dovranno essere utilizzate rigorosamente le unità di misura del Sistema Internazionale (SI) e le relative regole per la scrittura delle unità di misura, dei simboli e delle cifre.
- 4) Tutti i riferimenti bibliografici dovranno essere richiamati nel testo con numerazione progressiva riportata in [].

All'Autore di riferimento è richiesto di indicare un indirizzo di posta elettronica per lo scambio di comunicazioni con il Comitato di Redazione e, a tutti gli autori, di sottoscrivere una dichiarazione liberatoria riguardo al possesso dei diritti di pubblicazione.

Per eventuali ulteriori informazioni sulle modalità di presentazione degli articoli contattare la Redazione della Rivista. – Tel: +39.06.4742987 – Fax: +39.06.4742987 – e-mail: redazioneif@cifi.it

GUIDELINES FOR THE AUTHORS

(Instructions on how to present a paper for the publications on "IF - Ingegneria Ferroviaria")

The collaboration is open to everyone.

The articles can be presented both in English and/or Italian language. The publication is anyway bilingual.

The admission of a paper does not imply acknowledgment or approval by the journal of theories and opinions presented by the Authors.

The Direction of the journal reserves the right to use the received papers for the publication on other journals under condition to provide the source citation.

In order to simplify the papers' presentation, their review by the Editorial Board and their typographic handling for the publication, the Authors are required to comply with the standards below.

- 1) *The paper must be presented in an electronic format accepted by the editorial staff, preferably WORD for Windows, by e-mail, CD-Rom, DVD or pen-drive.*
- 2) *All figures (pictures, drawings, schemes, etc.) must include a caption, must be progressively numbered and recalled in the text. They must be presented in a high resolution (min. 300 dpi) electronic format (TIFF or EPS) by e-mail, CD-Rom, DVD or pen-drive). Moreover, it is required to send them in a compressed JPG format (max. 50 KB/figure). It is additionally possible to include a printed draft copy as an editorial example.*
- 3) *In the texts must be rigorously used the SI units only.*
- 4) *All the bibliographic references must be recalled in the text with progressive numbering in [].*

It is required to the corresponding Author to provide with a reference e-mail address for the communications with the Editorial Board and, to all Authors, to sign a discharge declaration concerning the rights of publication.

For any further information about the paper presentation, you can contact the editorial staff. – Phone: +39.06.4742987 – Fax: +39.06.4742987 – e-mail: redazioneif@cifi.it



Opportunità offerte dai 'Big Data' per lo sviluppo di nuovi modelli e servizi di trasporto

'Big Data' opportunities for new transport models and services

Chiara COLOMBARONI^(*)
Gaetano FUSCO^(*)
Natalia ISAENKO^(*)

Sommario - La diffusione di dispositivi mobili di localizzazione e comunicazione produce con continuità un'immensa quantità di dati – i cosiddetti Big Data – che possono essere sfruttati per migliorare la conoscenza dello stato del sistema di trasporto e per mettere in atto opportune politiche di mobilità e appropriate azioni di regolazione. Peraltro, gli attuali sistemi di informazione presentano tuttora notevoli lacune e sono quindi suscettibili di significativi miglioramenti. La presente memoria esamina i principali problemi connessi all'uso dei Big Data e tratta dell'opportunità offerta da questi di realizzare modelli di mobilità individuale basati su un aggiornamento continuo dell'informazione. La prima parte, di carattere discorsivo, è completata da una sintetica rassegna delle ricerche eseguite dagli autori e finalizzate ad analizzare i Big Data sotto diversi aspetti: per ottenere una caratterizzazione quantitativa dei fenomeni di mobilità, per comprendere i comportamenti e le preferenze degli utenti, per migliorare i modelli di previsione e studiare nuovi servizi di mobilità.

1. Introduzione

L'attuale disponibilità di una quantità enorme di dati sulla mobilità individuale ha ispirato un gran numero di studi finalizzati alla previsione del traffico e offre inoltre nuove prospettive per l'offerta di servizi di mobilità personalizzati. In effetti, i dispositivi mobili dotati di sistemi di localizzazione forniscono una fonte d'informazione di tipo diffuso, con cui è possibile monitorare gli utenti nel corso delle loro attività e controllare tutti gli elementi della rete attraverso un campionamento periodico di veicoli tracciabili, o veicoli sonda. A differenza delle tecnologie tradizionali di monitoraggio del traffico, i veicoli sonda forniscono stime campionarie delle velocità e dei tem-

Summary - The vast diffusion of mobile location and communication devices continuously produce a huge amount of data ('Big Data') that can be exploited to improve the knowledge about the state of the transport system and perform appropriate regulatory actions and execute suitable policy actions. However, current information systems still have noteworthy drawbacks and are in the meantime open to significant improvements. The paper discusses the main problems related to the use of the Big Data and examines the opportunities offered by Big Data to introduce new transport models based on continuous updating of microscopic models. The first part of the paper, of conversational nature, is complemented by a concise overview of the research conducted by the authors with multiple objectives: derive a quantitative characterization of the mobility phenomena, understand users' behaviour and preferences, develop enhanced prediction models, and study new mobility services.

1. Introduction

The huge increase of individual mobile data is producing an overwhelming profusion of experimental studies and is offering prospects for new personalized mobility services. In fact, personal mobile devices embedding locating technology provide an additional source of ubiquitous information, which make possible both to track users during their activities and to monitor different elements on the network by periodic sampling of probe vehicles. Unlike traditional traffic monitoring technologies, probe vehicles supply sample estimates of both segment speeds and individual travel times. Such novel sources of information provide additional opportunities for development of new transport models based on continuous updating of individual driver's behaviour; that is, on differ-

^(*) Università degli Studi di Roma La Sapienza, Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale.

^(*) La Sapienza University of Rome, Department of Civil, Construction and Environmental Engineering.

pi di percorrenza individuali. Queste nuove fonti di informazione offrono quindi l'opportunità di sviluppare modelli di trasporto basati su un aggiornamento continuo del comportamento dei singoli utenti, quindi su presupposti diversi da quelli utilizzati nella concezione e per l'applicazione dei modelli sviluppati fino a solo qualche decade fa.

D'altra parte, emergono anche nuovi problemi riguardanti le esigenze di trattare, immagazzinare ed elaborare tali enormi quantità di dati: i 'Big Data', arrivati a costituire una vera e propria nuova materia di studio [1], cui sono dedicate specifiche riviste scientifiche quali *Big Data*, *Journal of Big Data*, *Big Data Research*. Peraltro, scienziati e tecnici stanno tuttora affrontando il problema di individuare le forme più appropriate per sfruttare queste informazioni e migliorare le prestazioni del sistema di trasporto mediante l'applicazione di nuovi metodi di controllo distribuito e lo sviluppo di sistemi di informazione e servizi innovativi per la mobilità, concepita come servizio e svincolata dal possesso del veicolo. Non esiste neppure una definizione univoca e condivisa di Big Data. La prima e tuttora più diffusa è basata sul concetto espresso dal modello '3V'; vale a dire dati contraddistinti da un grande 'Volume', che richiedono elevata 'Velocità' di trattamento e caratterizzati da notevole 'Varietà' tipologica di dati [2]. Più recentemente, è stata proposta una definizione che intende caratterizzare i Big Data mediante una metrica nello spazio '3C' al fine di consentirne una specificazione quantitativa con metodi statistici: i Big Data sono così definiti da elevata 'Cardinalità' (numero di record nella base di dati), 'Continuità' di raccolta (dimensione continuamente crescente) ed elevata 'Complessità' (ampia varietà tipologica, alta dimensione del dataset, alta velocità di elaborazione) [3]. Una definizione più generale, che riteniamo preferibile perché più strettamente legata al significato originario dei termini, indica con Big Data un termine che descrive l'archiviazione e l'analisi di un grande o complesso insieme di dati che richiede l'uso di tecniche di analisi non tradizionali (quali: NoSQL, MapReduce e machine learning) [4]. L'ambito delle applicazioni dei Big Data nei trasporti è vasto e variegato. Queste possono riguardare lo stato del veicolo, le prestazioni del sistema di trasporto e la distribuzione delle posizioni degli utenti in un dato istante, nonché le loro preferenze. In tal modo, i Big Data sono una fonte estremamente preziosa di dati di input per potenziare le applicazioni delle tecnologie dell'informazione e delle comunicazioni (Information and Communication Technology, in breve ICT) ai sistemi di trasporto e realizzare sistemi di trasporto effettivamente 'intelligenti'. La presente memoria intende fornire un inquadramento delle opportunità fornite dai Big Data per lo sviluppo di nuovi modelli di trasporto e delle relative problematiche. Il successivo paragrafo illustra in forma discorsiva le opportunità offerte dai Big Data per sviluppare nuovi paradigmi dei modelli di trasporto, secondo un approccio centrato sull'osservazione dei dati individuali, rilevati direttamente durante gli spostamenti e aggiornati con continuità. Nel para-

ent premises from those of the models developed even since one decade ago. However, new problems arise about the needs for handling, storing and processing such huge amount of data: 'Big Data' became a new science discipline [1] and are the main object of scientific journals (Big Data, Journal of Big Data, Big Data Research). Furthermore, scholars and practitioners are still facing the problem to understand appropriate ways to exploit such information in order to improve transport system performances, apply new control methods, and support users with advanced information and new mobility services, that conceive the mobility as a service, uncoupled from a vehicle ownership. A unique and agreed definition of Big Data note even exists. The earliest and up to now the prevailing definition is based on the so-called '3V' paradigm; that is data characterized by large 'Volume', which require high treatment 'Velocity' and featured by a wide type 'Variety' of data [2]. More recently, a definition that characterizes Big Data through a metric in '3C' space metric has been introduced to enable a quantitative specification with statistical methods: Big Data so defined have high 'Cardinality' (number of records in the database), 'Continuity' of collection (continuously increasing size), and high 'Complexity' (wide typological variety, high dataset size, high processing speed) [3]. A more general definition, which is preferable because more strictly related to the original meaning of the words, denotes as Big Data a term that describes the storage and analysis of a big or complex set of data that require using non-traditional techniques of analysis (e.g.: NoSQL, MapReduce e machine learning) [4].

The extent of Big Data applications in transport is vast and multifaceted. They concern the vehicle state, the transport system performances, and the distribution of users' positions and preferences at a given time instant. In such a way, Big Data are a powerful source of input to enhance Information and Communication Technology (ICT) applications to transport systems and then realize actual 'Intelligent' Transportation Systems.

The paper aims at providing a general overview of issues and prospects provided by the exploitation of individual Big Data for new transport models, applications and services. The next section illustrates in a discursive form the opportunities provided by Big Data to develop new paradigms of transport models that follow an approach based on individual data, directly detected during users' journeys and updated with continuity. In the third Section, the discussion is complemented by the presentation of several experimental analyses, conducted by the authors and provided as examples, concerning the characterization of mobility phenomena, the study of choice behaviour, the development of short-term prediction models. Finally, some future applications of information systems and innovative mobility services, enabled by mobility Big Data and active users' crowdsourcing, are described.

grafo successivo la discussione è integrata dalla presentazione di alcune analisi sperimentali compiute dagli autori e fornite a titolo esemplificativo, riguardanti la caratterizzazione della mobilità, i comportamenti di scelta degli utenti, lo sviluppo di modelli di previsione di breve termine. Infine, vengono descritte alcune future applicazioni di sistemi di informazione e servizi di mobilità innovativi, resi possibili dalla partecipazione attiva degli utenti alla creazione e all'uso dei Big Data in mobilità, utilizzando i metodi del cosiddetto 'crowdsourcing'.

2. Nuovi paradigmi dei modelli di trasporto

Il monitoraggio continuo dello stato del veicolo, degli spostamenti degli utenti e delle prestazioni della infrastruttura fornisce straordinarie opportunità per sviluppare paradigmi teorici completamente nuovi che applicano modelli di previsione, strategie di controllo proattive e servizi di mobilità personalizzati in grado di innovare profondamente il sistema di trasporto attuale.

Gli utenti contribuiscono ai Sistemi di Trasporto Intelligenti ('Intelligent Transport Systems', ITS) fornendo i dati posizionali utili per descrivere i loro spostamenti e stimare le condizioni di traffico attuali; questo contributo avviene sia in forma passiva, quando gli utenti acconsentono ad essere tracciati dai dispositivi di localizzazione, sia in forma attiva, attraverso reti sociali specializzate nelle informazioni sulla mobilità basate sulle dirette esperienze che gli utenti condividono in tempo reale tra di loro durante i propri spostamenti.

I dati individuali forniscono un numero di osservazioni sull'attuale meccanismo di scelta di percorso degli utenti; queste possono essere utilizzate per calibrare e validare i numerosi modelli comportamentali che sono stati costruiti negli ultimi anni. In particolare, i percorsi effettivamente effettuati dagli utenti della rete stradale non sono mai stati direttamente osservati su larga scala, ma sono stati raccolti solo su piccole flotte di veicoli, come i taxi [5], o su piccoli campioni di utenti consapevolmente coinvolti in esperimenti ([6], [7], [8]). Così, i modelli di scelta del percorso sono stati finora calibrati su piccoli campioni di dati, in genere validati su misure aggregate, come flussi d'arco, invece che sulle frequenze di scelta dei percorsi effettivamente scelti dagli utenti. I dati rilevati da veicoli sonda ('Floating Car Data', FCD) possono essere utilizzati nelle diverse fasi di calibrazione dei modelli di scelta di percorso: la identificazione di opportuni insiemi di scelta di percorso, la specificazione della struttura matematica, la stima dei coefficienti del modello di scelta. La possibilità di raccogliere in maniera continua informazioni sul comportamento individuale e lo straordinario potenziamento delle capacità di memorizzazione ed elaborazione consentite dal calcolo parallelo e distribuito aprono nuove prospettive per la realizzazione di un approccio microscopico alla modellazione delle reti. In questo contesto, appare appropriata l'applicazione delle tecniche di intelligenza artificiale per sviluppare modelli

2. New Paradigms of Transport Models

Continuous monitoring of vehicles' states, travellers' journeys, and road performances provides extraordinary opportunities to develop completely new theoretical paradigms that apply predicting models, proactive control strategies, and just-in-time personalized mobility services and finally can revolutionize the current transport system.

Users provide the system with data useful to describe their trips and current traffic states both passively, by allowing their navigation device being tracked, and actively, by crowdsourcing social networks specialized in traffic and mobility information based on travellers' experiences shared in real-time by the users during their trip.

Individual data provide unprecedented observations on the actual route choice mechanisms of the users, which can be used to calibrate and validate the numerous behavioural models that were built in the last years. Specifically, the actual routes followed by the road users were never directly observed before at a large scale on the road network but were collected only for small fleets of vehicles, such as taxis [5] or small samples of drivers involved in experiments [6]; [7]; [8]. Then, route choice models are so far often calibrated on small samples of data and have been usually validated on aggregated measures such as link flows instead of on the actual route choice frequencies. Floating Car Data (FCD) can be exploited in the several different phases of calibration of multilevel path-based random utility models: identifying suitable path choice sets, specifying a mathematical structure that captures the correlation among different paths, and determine the most likely values of the coefficients of the choice model.

Continuous information about individual behaviour and improved processing capabilities available by parallel and distributed computations open new perspectives for a microscopic approach to network modelling. Artificial intelligence can be applied to develop self-training models that learn from high-resolution trajectory data of vehicles detected continuously and reproduce car following drivers' behaviour by using position and speed data continuously detected with high resolution [9]. Individual behavioural models can be applied to simulate the road network and updated in real time by using online floating car data. In such a way, it is possible to get information about users' needs, predict drivers' behaviour, and adapt control actions to expected vehicle positions and traffic performances.

To reduce the problems related to their cumbersome, individual data are usually aggregated: speed is defined for link segments over given time interval; data on individual mobility such as the number of trips and travel times are aggregated by origin and destination zones and referred to given time intervals [10]. If larger space and time intervals reduce the process effort and ease the interpretation of data, they also reduce the granularity of the

che auto-apprendono a riprodurre il comportamento dei conducenti nella guida utilizzando dati di posizione e velocità rilevati con continuità ed elevata risoluzione [9].

Per ridurre i problemi di trattabilità conseguenti alla dimensione dei dati, è pratica abituale procedere all'aggregazione dei dati individuali: la velocità è così definita per segmenti d'arco; i dati di mobilità individuale, quali il numero di viaggi e i tempi di spostamento sono aggregati per zone di origine e destinazione [10]. Ovviamente, tutte le grandezze sono aggregate su definiti intervalli temporali. Se aumentare la dimensione degli intervalli spaziali e temporali riduce lo sforzo di elaborazione e facilita l'interpretazione dei dati, al tempo stesso riduce la granularità della informazione. D'altra parte, un'elevata precisione richiede altrettanto elevate risorse informatiche, in termini di capacità di memorizzazione e di elaborazione. Oltre a richiedere elevate risorse informatiche, un'elevata granularità spaziale e temporale dei dati implica ridotti intervalli di rilevazione delle misure; ciò comporta un minor numero di osservazioni per ciascuna variabile e quindi una minore significatività statistica della misura. Ne discende che, necessariamente, i due requisiti per garantire un'elevata qualità dei dati sono conflittuali tra loro: per accrescere la significatività delle misure, occorre accrescere l'ampiezza degli intervalli di tempo o dei segmenti spaziali, o di entrambi, e quindi ridurre l'accuratezza. Negli ultimi anni sono stati prodotti numerosi studi per determinare la frazione di veicoli tracciati necessaria per ottenere il livello di confidenza desiderato del valore medio della variabile [11]. Per valutare l'affidabilità della misura è necessario abbinare al valore medio della variabile la sua deviazione standard. In tal modo, è possibile realizzare previsioni di traffico per intervalli piuttosto che stime puntuali ed è possibile così stimarne l'accuratezza [12].

L'esistenza di mappe digitali di estremo dettaglio, sviluppate per i navigatori ed ora utilizzate per la pianificazione, e di quelle ancor più dettagliate concepite per la guida autonoma, pone la questione di quale sia il più appropriato livello di aggregazione delle variabili di traffico. E' logico definire gli intervalli spaziali e temporali in base al livello di confidenza desiderato per le variabili da stimare; poiché questo dipende dalla componente casuale delle singole misure, la questione metodologica fondamentale consiste nel determinare il miglior compromesso tra accuratezza ed efficacia dell'informazione.

La profusione di dati di mobilità, se da una parte fornisce grandi opportunità per acquisire una più ampia comprensione dei fenomeni di traffico, implica necessariamente anche la difficoltà di certificarne l'affidabilità e di garantirne la riservatezza.

I modelli comportamentali individuali possono essere inseriti in modelli di simulazione online, aggiornati in tempo reale mediante i dati provenienti dai veicoli tracciati on-line e dagli utenti che cooperano volontariamente al sistema di 'crowdsourcing'. In tal modo, è possibile ottenere informazioni aggiornate sulle esigenze degli

information. High precision needs high storage and processing performances.

However, computer costs are not the only drawback connected to a high space and time granularity of data. Small space and time intervals, in fact, imply smaller observation intervals and mean fewer observations for each variable and then lower statistical significance of the measure. It follows that, necessarily, the two requirements for high quality of data are conflicting: to increase the significance of the measures, the length of either space segments or time intervals, or both, has to be increased. Several studies have been produced in the last years to determine the fraction of tracked vehicles to have the desired confidence on the average value of the variable [11]. To assess the reliability of the measure it is necessary to complement the average value of the variable with the standard deviation [12]. In such a way, traffic predictions can be carried out through interval estimates instead of point estimates and complemented by accuracy estimates.

The existence of very detailed digital maps, developed for car navigators and now used also for planning, and of those even more detailed conceived for autonomous driving highlights the question on the proper level of aggregation for traffic variables. It is logical to define the time and space intervals according to the desired level of confidence for the variables to estimate, which depends on the random components that affect the individual measures. Thus, the fundamental methodological question is to find the best trade-off between accuracy and efficiency of the information.

The abundance of mobility data, while providing great opportunities to get an enhanced comprehension of traffic phenomena, necessarily implies also the difficulty to certify their reliability and ensure the privacy of the information collected.

We envision mobility management systems based on online simulation models that embed individual behavioural models, updated in real-time through data collected from floating cars and people voluntarily cooperating to crowdsourcing. In such a way, it is possible to get updated information on travellers' needs, predict drivers' behaviour, and adapt control actions to vehicle positions (at local, microscopic level) and to the predicted network performances (at global, macroscopic level).

The next section introduces some results achieved in several applications that exploit an available set of big data on urban mobility to face the following issues:

- *characterize variability of mobility phenomena (day-to-day and inter-vehicular);*
- *understand users' behaviour and preferences;*
- *modelling mobility exploiting updated individual data;*
- *predict future states of the system to apply control measures and information strategies.*

utenti del sistema, prevedere il comportamento dei conducenti e adattare le azioni di controllo alle posizioni veicolari (a livello locale, o microscopico) e alle prestazioni previste della rete di trasporto (a livello di sistema, o macroscopico).

Nel capitolo seguente sono presentati alcuni risultati ottenuti in diverse applicazioni che utilizzano una base di dati individuali di veicoli sonda per affrontare i seguenti aspetti:

- caratterizzare la variabilità dei fenomeni di mobilità (giornaliera e inter-veicolare);
- comprendere il comportamento e le preferenze degli utenti;
- modellizzare la mobilità sfruttando dati individuali aggiornati;
- prevedere gli stati futuri del sistema per applicare misure di controllo e strategie di informazione.

3. Analisi sperimentale

3.1. Descrizione della base di dati

La base di dati utilizzata per presentare le analisi sperimentali è stata fornita da una società di servizi telematici per il mercato assicurativo e automobilistico, nell'ambito di un progetto di ricerca congiunto. Essa è costituita da circa 100 milioni di posizioni individuali e velocità puntuali, rilevate per un mese nella città di Roma mediante il tracciamento di circa 100.000 veicoli privati, equipaggiati con dispositivi di localizzazione GPS, di memorizzazione dei dati e di trasmissione delle informazioni via GSM/GPRS, forniti agli abbonati ai servizi di tracciamento a fini assicurativi. Il campione dei veicoli tracciati rappresenta circa il 2,5% dell'intera flotta veicolare della città di Roma. Ciascun record di dati contiene l'orario, le coordinate del veicolo, la velocità istantanea, la direzione di marcia, la distanza percorsa dalla rilevazione precedente, lo stato del motore (acceso, in moto, spento) e la qualità del segnale GPS. Secondo le impostazioni della società fornitrice, i dati sono rilevati in modo continuo, ma sono memorizzati ogni 2 km. Per garantire la riservatezza degli utenti, la base di dati fornita per la ricerca è stata anonimizzata: ogni record contiene un codice identificativo del veicolo che consente di ricostruire i percorsi di ciascun utente e di studiarne il comportamento da un giorno all'altro, ma non di risalire alla sua identità. Per questo motivo, non è possibile qualificare la rappresentatività tipologica degli utenti rispetto alla popolazione di riferimento.

Preliminarmente all'uso della base di dati ai fini dell'analisi ne è stata effettuata una ripulitura, eliminando i dati con bassa qualità del segnale GPS (determinata in base al numero di satelliti di cui vengono ricevuti i segnali), quelli incongruenti con la sequenza dei codici di stato del motore e quelli con distanze percorse troppo brevi o nulle.

3. Examples of Applications

3.1. Data set description

The dataset used for the examples of an application was provided by an information technology that supplies services to insurance companies within a joint research program. It is composed by about 100 million single positions and speed points, detected by tracking about 100,000 private vehicles equipped with devices for positioning via GPS as well as storing and telecommunication via GSM/GPRS, supplied to the subscribers to tracking services for insurance purposes. The sample of vehicles tracked corresponds to about the 2.5% of the whole vehicular fleet of the town of Rome. Each record of data contains the timestamp, the coordinates of the vehicle, its instantaneous speed, the distance travelled from the previous detection and the engine state (switched on, moving, turned off) together with the quality of the GPS signal. According to the manufacturer settings, data are detected continuously but are saved every 2 km. To ensure users' privacy the dataset has been anonymized: each record contains a vehicle identification code that enables reconstructing the path followed by each user and studying his day-to-day behaviour but does not allow to identify the driver. This also prevents to match the users' typology with respect to the reference population.

Before using the dataset, a data cleaning operation was performed to eliminate data having poor GPS signal quality (determined by the number of visible satellites), inconsistent data with the sequence of engine codes, and those with too short travelled distances. A map matching algorithm was applied that assigns position data to the most likely element of the graph. After a specific sensitivity analysis, about 100,000 data, corresponding to about 1% of the total, has been discarded whose positions were 80 m farther from the nearest road link.

3.2. Characterize Mobility Phenomena

In order to improve the knowledge of the road traffic system, we want to characterize it by studying its variability in time and space, and to assess the approximation introduced by aggregating individual data to derive link variables. In the following, among the numerous analyses conducted on Floating Car Data, a selection concerning vehicular speed is reported. It focuses on the day-to-day variability, the inter-vehicle speed variance, and the time-space extent of congestion on the network.

3.2.1. Day-to-Day variability

Characterising the periodicity of road congestion is necessary to assess the accuracy of predictions based on statistical estimates based on the typical day.

Day-to-day variability on the whole road network is exemplified in figure 1. For every day of the week the average

È stato quindi eseguito un algoritmo di 'map matching' che ha associato i dati posizionali al più probabile elemento del grafo. A conclusione di una specifica analisi di sensibilità, sono stati scartati i record (circa 100.000, corrispondenti a circa l'1% del totale), la cui posizione GPS risultava distante oltre 80m dall'arco stradale più vicino.

3.2. Caratterizzazione dei fenomeni di mobilità

La disponibilità di una grande base di dati sulla mobilità consente di definirne le caratteristiche in termini di variabilità spaziale e temporale e di stimare l'approssimazione introdotta aggregando i dati individuali per derivare le variabili d'arco. Nel seguito, viene presentata una selezione delle numerose analisi condotte, in particolare sulle velocità veicolari, esaminando la variabilità tra un giorno e l'altro, la varianza tra un veicolo e l'altro, l'estensione spazio-temporale della congestione sulla rete stradale.

3.2.1. Variabilità giornaliera

Conoscere la periodicità della congestione sulla rete stradale è utile per comprendere l'accuratezza delle previsioni basate sulla conoscenza statistica del giorno medio.

La figura 1 illustra la variabilità giornaliera sull'intera rete nei diversi giorni della settimana: per ogni giorno della settimana è riportato l'andamento medio delle velocità osservate aggregate con intervalli temporali di 15 minuti. Com'è da attendersi, l'andamento delle velocità nei giorni di sabato e domenica differisce significativamente da quello dei giorni feriali, mentre questi ultimi hanno un andamento molto simile tra loro. E' utile quantificare queste differenze. La deviazione standard della velocità nei giorni feriali, calcolata rispetto alla media nello stesso intervallo temporale di 15 minuti, varia da 1,7 km/h il giovedì a 2,5 km/h il lunedì. Il coefficiente di variazione è compreso tra 3,5% e 5%, così che il *giorno tipo* – definito come giorno avente un profilo di velocità corrispondente ai valori medi dei giorni feriali, da lunedì a venerdì – può essere considerato rappresentativo di ciascun singolo giorno feriale con un'approssimazione di pochi punti percentuali. Più elevata è la deviazione standard delle differenze tra le velocità rilevate il sabato e i corrispondenti valori medi dei giorni feriali, pari a 6,3 km/h, mentre la deviazione standard rispetto al profilo del giorno medio dell'intera settimana è 4,3 km/h; infine, la deviazione standard delle differenze di velocità tra la domenica e i giorni feriali è 9,1 km/h, ed è 7,0 km/h rispetto al *giorno medio*, definito come media della intera settimana.

3.2.2. Varianza inter-veicolare

L'acquisizione di dati individuali consente di valutare non solo il valore medio della velocità sui diversi elementi della rete, ma anche la varianza delle velocità veicolari. Avendo a disposizione il numero di osservazioni individuali n insieme alla loro deviazione standard σ è possibi-

trend of aggregate speeds is reported with 15-minute time intervals. As expected, Saturday and Sunday patterns differ from those of the workdays significantly, while workdays exhibit very similar trends. In fact, the standard deviation of the average speed on the work days with respect to their average on the same 15-minute time interval ranges from 1.7 km/h (Thursday) to 2.5 km/h (Monday), corresponding to a coefficient of variation from about 3.5% and 5%. The typical day, defined as the day that has a speed profile corresponding to the values of the average values of workdays from Monday to Friday, can be considered a fair representative of the single work days. However, the standard deviation of the speed detected on Saturday and the corresponding values collected during the working days is 6.3 km/h, while the standard deviation with respect to the average day of the whole week is 4.3 km/h. The standard deviation of the speed differences of Sunday values with respect to the workdays and the average day, defined as the average day of the whole week, are 9.1 km/h and 7.0 km/h, respectively.

3.2.2. Inter-vehicle speed variance

Individual position and speed data enable to assess not only the average value of speed on different links of the road network, but also the variance of vehicle speeds. As the number of individual observations n and the standard deviation σ , it is possible to take into account the approximation introduced by using the average link speed and compute the corresponding confidence interval $1-\alpha$ as $z_{\alpha/2} \sigma / \sqrt{n}$, where $z_{\alpha/2}$ is the $1-\alpha/2$ quantile of the normal distribution.

Fig. 2 exemplifies inter-vehicle variance that affects the degree of belief of the average value of individual speed detected as the estimator of the average of the population on two different links, with low and high variance, respectively. It is evident that the confidence interval with 0.90 confidence level reduces as the flow increases. On high-volume

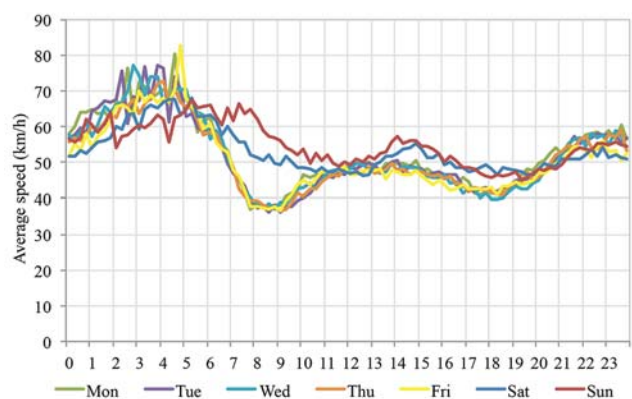


Fig. 1 - Andamento temporale della velocità media sull'intera rete metropolitana di Roma in differenti giorni della settimana.

Fig. 1 - Time variation of the average speed on the whole road network of Rome in different days.

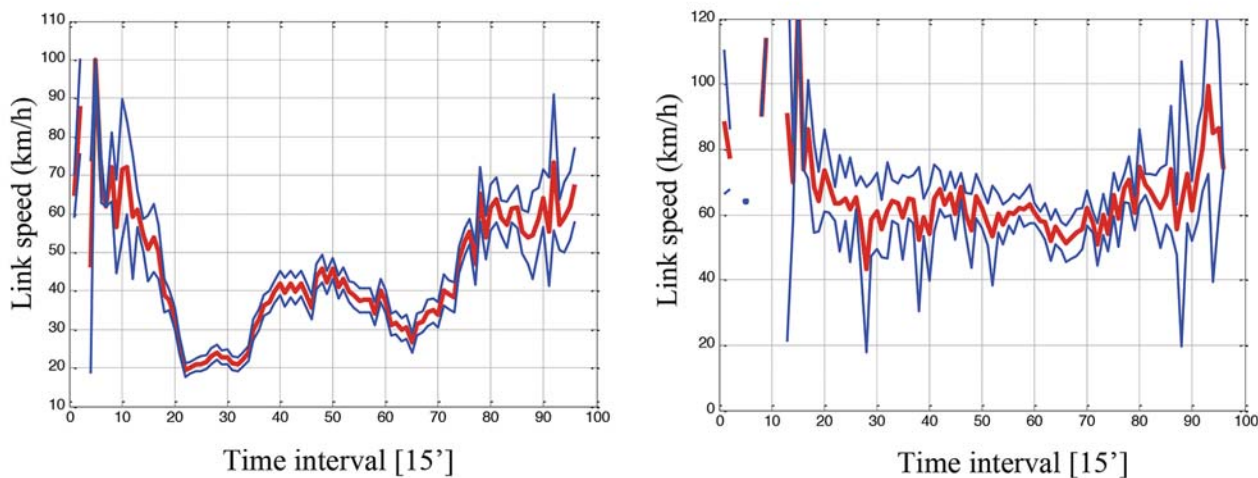


Fig. 2 - Andamento giornaliero della velocità media stimata (curva rossa) mediante dati da veicoli sonda e relativi intervalli di confidenza (curve azzurre) su due tipici archi urbani, appartenenti l'uno alla rete principale (a sinistra) e l'altro alla viabilità locale (a destra).

Fig. 2 - Examples of the average speed estimation (red line) from point floating car data and the related confidence intervals (blue lines) on two typical urban links, belonging to a main road (on the left) and a minor road (on the right).

le così considerare l'approssimazione che si compie utilizzando la velocità media sull'arco, mediante l'intervallo di confidenza del valore medio calcolato con il livello di confidenza $1-\alpha$ come $z_{\alpha/2} \sigma / \sqrt{n}$, dove $z_{\alpha/2}$ è il quantile della normale di ordine $1-\alpha/2$.

La figura 2 fornisce un esempio visivo dell'andamento della velocità media e del relativo intervallo di confidenza con il livello di confidenza pari a 0.90 su due differenti archi, appartenenti uno alla viabilità principale, l'altro alla viabilità locale. È evidente che l'intervallo di confidenza si riduce al crescere del flusso. Su archi caratterizzati da flussi elevati, l'intervallo di confidenza si restringe nelle ore di punta e si allarga nei periodi di morbida⁽¹⁾. Per quanto riguarda l'intera rete stradale e l'intero periodo di osservazione, la velocità media veicolare su tutti gli archi⁽²⁾ è 55,3 km/h, mentre la deviazione standard media della velocità veicolare è 13,2 km/h. Ne consegue che il coefficiente di variazione medio di tutti gli archi della rete è 0,23.

3.2.3. Estensione della congestione

I dati puntuali di velocità raccolti mediante veicoli sonda forniscono un continuo aggiornamento dell'immagine della congestione sulla rete e, nell'insieme, una valu-

road links, like that shown in the chart on the left, the confidence interval narrows in rush hours and widens in off-peak periods⁽¹⁾. As far as the whole road network, the average vehicle speed on all links⁽²⁾ is 55.3 km/h, while the average standard deviation of vehicle speed is 13.2 km/h. It follows that the average coefficient of variation for all links of the network is 0.23.

3.2.3. Extent of congestion

Individual point speed data collected by floating cars continuously update the picture of congestion on the network and enable to assess the extent of congestion both in time and in space. Figure 3 shows the flows and speeds collected by FCD in two time intervals on the principal road network in Rome: line widths reproduces the flows, estimated by inferring the number of vehicles sampled; colours represent the average link speed. The extent of congestion in each time interval can be easily appreciated by looking at the pattern of nuances of red on the road network.

Such information was used to assess the congestion conditions of the main road arteries in the town of Rome. Thus, figure 4 shows the time-dependent values of the average and the minimum speed along each artery, as a whole;

⁽¹⁾ Il restringimento dell'intervallo di confidenza nelle ore di punta dipende da due effetti correlati tra loro: il maggior numero di osservazioni e la maggiore congestione che riduce la libertà dei conducenti di viaggiare alla velocità di crociera desiderata, che è tipicamente una preferenza personale del conducente.

⁽²⁾ È da considerare che l'analisi copre l'intera area metropolitana, inclusi i principali tronchi autostradali.

⁽¹⁾ Narrowing of confidence interval in the rush hours depends on two correlated effects: the increase of the number of observations and the increase of congestion that reduces the drivers' freedom to travel at their desired cruising speed, which is typically a personal preference of the driver.

⁽²⁾ It is worth noticing that the area of analysis covers the whole metropolitan area, and includes branches of expressways.

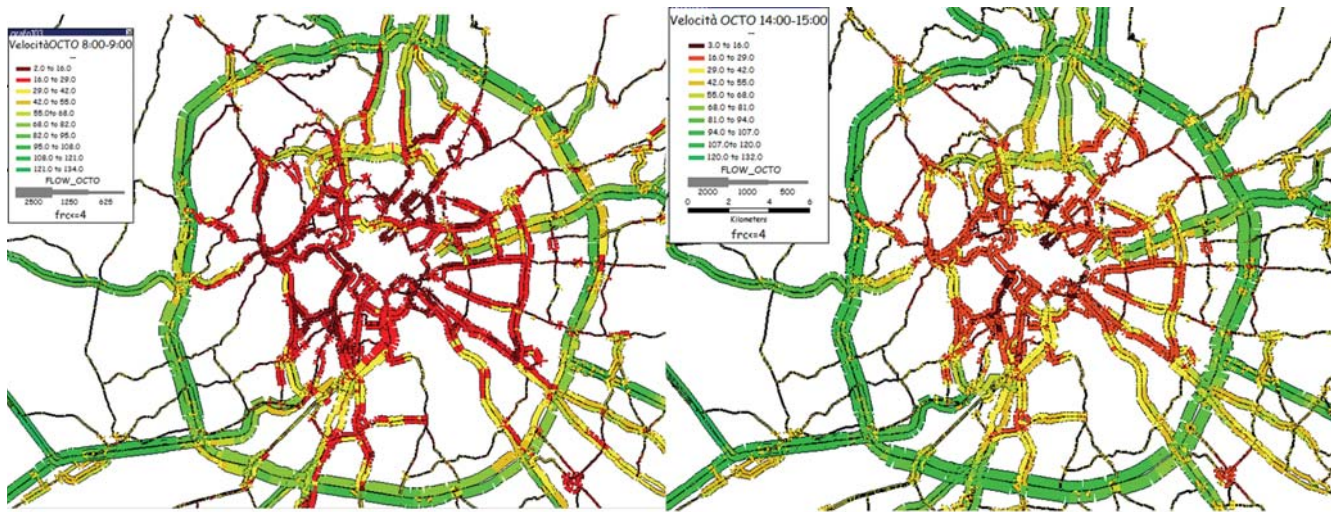


Fig. 3 - Velocità medie rilevate da veicoli sonda sulla rete principale di Roma nell'ora di punta del mattino (8:00-9:00, a sinistra) e in un'ora di morbida del pomeriggio (14:00-15:00, a destra).

Fig. 3 - Average speeds estimated from FCD on the main road network of Rome in the morning peak hour (8:00-9:00, on the left) and in the afternoon off-peak period (14:00-15:00, on the right).

tazione della sua estensione spaziale e temporale. Un esempio è mostrato nella figura 3, che illustra i valori medi dei flussi e delle velocità rilevati nel mese di osservazioni in due diverse fasce orarie sulla rete principale della città di Roma. Secondo la usuale convenzione, lo spessore del flussogramma rappresenta il flusso veicolare, stimato mediante inferenza rispetto al campione rilevato, mentre il colore rappresenta il valore della velocità. L'estensione della congestione in ciascun intervallo di tempo può essere agevolmente stimata osservando le sfumature di rosso sui diversi archi della rete stradale.

I risultati di queste analisi sono stati usati per classificare le principali arterie stradali della città di Roma in funzione del livello complessivo di congestione e identificare le misure più appropriate per la fluidificazione del traffico.

I due grafici in figura 4 riportano le velocità media minima rilevate sui vari segmenti che compongono alcune delle principali arterie nel corso della giornata, scelte a titolo esemplificativo. La velocità media sull'intera arteria è indicativa del livello di servizio complessivo dell'arteria, e consente di valutare l'estensione temporale e l'intensità della congestione, definita come riduzione rispetto alla velocità libera; la velocità minima evidenzia la presenza e la persistenza di strozzature, elementi critici che maggiormente necessitano di interventi puntuali.

3.3. Comprendere le preferenze e i comportamenti degli utenti

I dati posizionali rilevati nel corso degli spostamenti compiuti dagli utenti forniscono una straordinaria fonte d'informazione per comprendere i comportamenti di mobi-

in such a way, it is possible to evaluate the average performances of each artery and the presence of bottleneck and the time extent of speed reduction. These results were used to rank main road arteries depending on their severity of congestion and identify the most appropriate measure to improve traffic conditions.

3.3. Understand users' behaviour and preferences

Position points detected during the trips provide a great source of information useful to understand travellers' behaviours through the direct observation of their choices on departure time, destination, routes.

Based on the available dataset, an experimental analysis on travellers' behaviour in departure time and route choice has been performed by selecting (among the about 1,300 zones defined by the Municipality of Rome for transport planning) a set of O-D pairs containing at least 30 trips done during the morning peak period (7:00-10:00 am), having a length of at least 6 km, and a travel time of at least 20 minutes, as well. In this way, a suitable sample of about 600 drivers, performing 1,450 trips between 28 Origin-Destination pairs has been obtained.

GPS positions detected every 2 km have been assigned to the road network graph by applying a map matching procedure that minimizes the distances of the detected point position from the nearer links and the differences of the detected speed direction and nearer link directions. The analysis consists of two main procedures: a procedure that applies a k-shortest path algorithm [13] from consecutive collected positions to reconstruct the route followed by each user and select the path whose length is closest to the actual distance travelled measured by the GPS device.

Using the whole set of the reconstructed routes to build

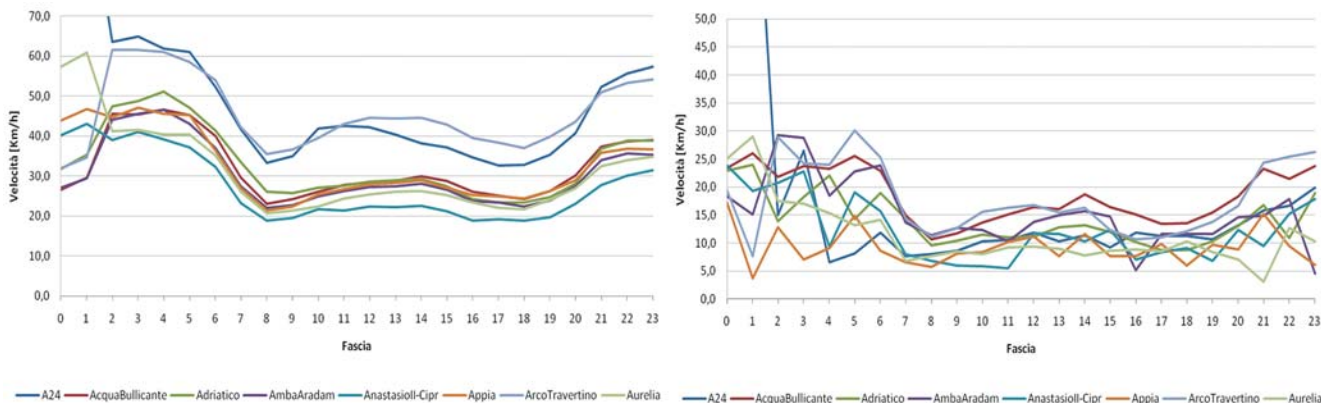


Fig. 4 - Andamento temporale della velocità media (a sinistra) e della velocità minima (a destra) rilevate con veicoli sonda su alcune arterie principali della città di Roma.

Fig. 4 - Time-dependent average speed (on the left) and the minimum speed (on the right) on several main road arteries in Rome estimated from FCD.

lità attraverso la diretta osservazione delle scelte effettuate, come: l'orario di partenza, la destinazione, il percorso.

Utilizzando la base di dati disponibile, è stata realizzata un'analisi sperimentale del comportamento degli utenti nelle scelte del percorso e dell'orario di partenza. Per questo scopo, sono state selezionate, sulle circa 1300 zone definite dal comune di Roma per gli studi di mobilità, le coppie origine-destinazione che contenessero almeno 30 viaggi compiuti durante il periodo di picco del mattino (7:00-10:00), aventi una lunghezza di almeno 6 km e un tempo di percorrenza di almeno 20 minuti. È stato ottenuto in tal modo un campione di circa 600 conducenti, che compiono 1.450 spostamenti tra 28 coppie origine-destinazione.

Le posizioni GPS rilevate ogni 2 km sono state associate al grafo della rete stradale tramite una procedura di 'map matching' che considera la distanza dagli archi e la direzione del dato GPS, tenendo conto di possibili errori di posizionamento del dato. A partire dalle posizioni associate alla rete, per ciascun viaggio è stato ricostruito nel dettaglio il percorso seguito dall'utente mediante una specifica procedura che tra ogni coppia di posizioni consecutive rilevate applica un algoritmo dei k-percorsi [13] e seleziona tra questi quello la cui distanza è più prossima al valore misurato dal dispositivo di localizzazione GPS. Il risultato della procedura evidenzia che per ogni coppia origine-destinazione molti percorsi differiscono solo per piccole deviazioni. Adottare l'insieme di tutti i percorsi così ricostruiti come insieme di scelta dei modelli comportamentali di percorso pone problemi sia pratici che teorici. Infatti, un insieme di scelta troppo vasto rende il problema intrattabile matematicamente; peraltro, dal punto di vista ingegneristico, non risulta nemmeno utile distinguere tra percorsi che differiscano per poche decine di metri percorsi sulla viabilità locale. Infine, è anche dubbio che gli stessi utenti percepiscano questi percorsi come realmente alternativi. E' stata quindi applica-

the choice set of a route choice model may lead to both practical and theoretical issues. A too wide choice set may make the problem intractable. On the other hand, from an engineering point of view, discriminating routes differing because of only few dozens of meters travelled on the local roads may be meaningless. Furthermore, it is questionable if the users actually perceive these similar routes as alternative. A procedure that clusters together similar routes and identifies a representative route for each cluster. Since the analysis is addressed to scrutinise the route choice in standard conditions, routes have been excluded that contained short intermediate stops or atypical paths such as those containing engine turn off for a 3 to 15 minutes time interval or characterised by a much longer travel time than the average between successive detections.

The analysis of the representative routes underlines that the routes chosen by the users may be even very different each other. Figure 5 provides an example of 5 representative routes of drivers' route choices.

The shortest route, labelled as 69 in the figure, was the most frequently chosen; nevertheless, some users chose also a much longer route (labelled as 16) that mainly use expressways as well as routes having intermediate characteristics between them and being anyway curvier than the route 69.

In spite of the high difference between travelled distances, the clusters of routes belonging to the same O-D have rather similar average route travel times, as expected according to Wardrop's principle. Nevertheless, a large difference exists between their minimum and maximum values, as shown in figure 6, which depicts the frequency of travel time percentage difference computed for pairs of individual trips for all O-D pairs.

The continuous monitoring of trips enables an analysis of day-to-day variability, which is useful to specify and calibrate dynamic process models that aim at modelling the evolution of users' choice [14]. The results of the day-to-day variability highlight the propensity of users to follow

ta una procedura che raggruppa tra loro percorsi simili mediante un algoritmo di 'clustering' e seleziona il percorso rappresentativo per ogni 'cluster'. Al fine di valutare la distribuzione della scelta dei percorsi in condizioni standard sono stati esclusi i percorsi che contenevano delle brevi soste intermedie ed i percorsi nelle condizioni atipiche, individuati da uno spegnimento del motore per un tempo compreso tra 3 e 15 minuti o caratterizzati da un tempo di percorrenza tra due rilevazioni consecutive molto maggiore del tempo medio nello stesso periodo, e sono state utilizzate tutte le osservazioni rimanenti durante l'intero periodo di osservazione.

Il confronto tra percorsi rappresentativi evidenzia che i percorsi scelti dagli utenti sono effettivamente anche molto differenti gli uni dagli altri. Un esempio è fornito dalla figura 5, che mostra 5 percorsi rappresentativi tra una zona periferica ad una zona semi-centrale di Roma: il percorso più diretto, identificato dal numero 69 è il più utilizzato; alcuni utenti hanno anche scelto un percorso molto più lungo, che si svolge prevalentemente su strade ad elevato scorrimento, identificato dal numero 16, o percorsi con caratteristiche intermedie, e comunque più tortuosi del percorso 69. Nonostante la notevole differenza tra le distanze percorse, come da attendersi in accordo con il principio di Wardrop, cluster di percorsi appartenenti alla stessa coppia origine-destinazione hanno tempi di percorrenza medi piuttosto simili.

Esiste non di meno un ampio intervallo tra i loro valori minimo e massimo, illustrato nella figura 6, che rappresenta la distribuzione di frequenza delle differenze dei tempi di percorrenza tra tutti i viaggi individuali, espresse come percentuale del tempo medio sulla stessa coppia origine-destinazione.

La rilevazione continua dei viaggi consente inoltre un'analisi della variabilità giornaliera, utile per la specificazione e la calibrazione di modelli di processo dinamico, che mirano a rappresentare l'evoluzione delle scelte degli utenti in un dato intervallo temporale [14].

I risultati dell'analisi della variabilità giornaliera evidenziano la propensione degli utenti a seguire il percorso abituale per raggiungere la loro destinazione, sebbene il 12% degli utenti abbia scelto almeno una volta un percorso alternativo. Tra questi, il 10% degli utenti ha sempre scelto lo stesso percorso alternativo ed il restante 2% ne ha scelto più di uno. Di questo 10%, il 7% ha cambiato percorso una sola volta, mentre il 3% ha scelto il percorso alternativo per più di una volta (figura 7).

Sebbene sia ragionevole attendersi l'esistenza di una correlazione tra cambiamenti del percorso o del tempo di partenza e il tempo di viaggio sperimentato nel giorno precedente, questa correlazione non è stata evidenziata dalle osservazioni sperimentali. In effetti, un'analisi del percorso e del tempo di partenza hanno evidenziato come nel comportamento di scelta del percorso sia predominante una componente casuale che maschera ogni correlazione attesa tra cambiamenti di scelta ed esperienza

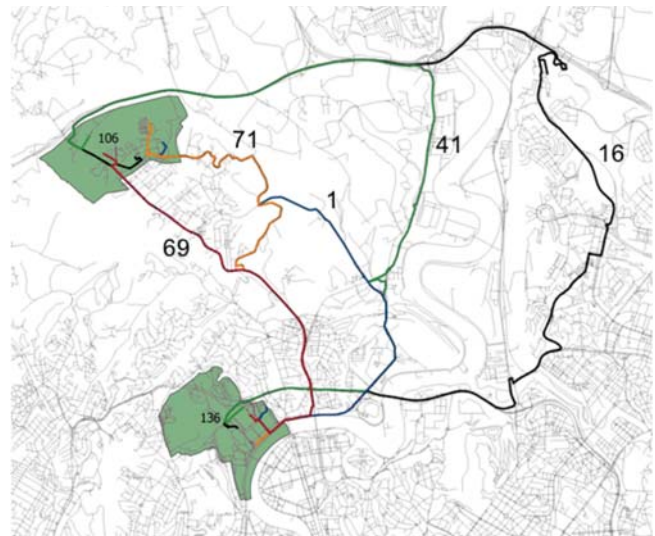


Fig. 5 - Esempi di percorsi rappresentativi tra due zone O-D.
Fig. 5 - Representative routes between two O-D zones.

their 'usual route' to get to their destination, although the 12% of the users switched from it to an alternative route. The 10% of the users always choose the same alternative path with respect to the usual one, while the 2% choose more than one alternative route. Among them, the 7% of the users make a route change just once; the 3% choose more than several different routes with respect to the usual one (figure 7).

Although the existence of a correlation is reasonable between the changes of route or departure time and the travel time experienced the day before, experimental observations did not reveal it. In fact, the analysis of departure time and route choice behaviour highlighted the predominance of a random component that hides any expected correlation be-

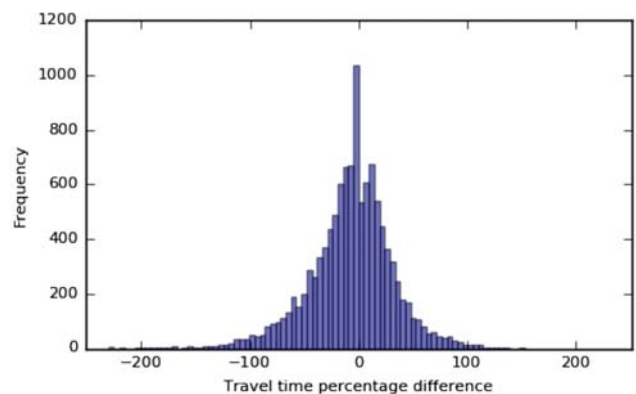


Fig. 6 - Frequenze osservate delle differenze dei tempi di percorrenza espresse come percentuali del tempo medio tra coppie di viaggi individuali per tutte le coppie O-D.
Fig. 6 - Observed frequency of travel time percentage difference computed for pairs of individual trips for all O-D pairs.

di viaggio. Ciò è probabilmente dovuto alla necessità di disporre di un periodo di analisi molto lungo che consenta di osservare un numero sufficiente di cambiamenti della scelta abituale, eventi che ci si attende siano molto rari e legati a circostanze eccezionali. A tal fine, è in corso un'ulteriore analisi, che utilizza una base di dati che copre circa un anno di osservazioni.

3.4. Previsioni di traffico a breve termine

La maggior parte dei sistemi di informazione agli utenti fornisce una rappresentazione delle condizioni di traffico attuali su una mappa digitale su cui sono riportate le code, il traffico rallentato ed eventuali incidenti rilevati in tempo reale.

Per spostamenti da effettuare ad un orario o in un giorno futuri, questi sistemi indicano i percorsi ottimali ed i relativi tempi di percorrenza, utilizzando metodi di previsione di tipo statistico. Al contrario, non affrontano il problema di prevedere le condizioni di traffico nel breve termine se non estendendo la stima attuale (previsione cosiddetta 'naïf'): problema di prevalente rilevanza in caso di condizioni anomale per gli utenti che stanno viaggiando o sono in procinto di iniziare i loro spostamenti.

La ricerca presentata in questa memoria ha per oggetto lo sviluppo di metodi di previsione a breve termine applicabili online che utilizzano modelli di previsione del traffico, sia con approccio esplicito (cosiddetto approccio 'model-based') sia con approccio implicito ('data-driven').

3.4.1. Modelli di previsione espliciti

L'approccio esplicito alla previsione applica modelli di assegnazione dinamica che riproducono esplicitamente il processo dipendente dal tempo consistente nella relazione circolare tra caricamento della rete, variazione delle prestazioni della rete conseguente alla distribuzione dei flussi di traffico, comportamento di scelta dei conducenti in funzione delle prestazioni di traffico percepite o previste. Modelli di assegnazione dinamica basati sulla simulazione esplicita del traffico sono stati introdotti negli anni '90 per riprodurre non solo i fenomeni di diffusione della congestione sulla rete stradale, ma anche per modellare il comportamento degli utenti informati e non informati in differenti scenari comprendenti sistemi di informazione collettivi o a bordo dei veicoli [15]. Questi modelli sono stati in seguito integrati con versioni in tempo reale che, seguendo un approccio 'Rolling Horizon', sono in grado di acquisire i dati di traffico online, aggiornare matrici origine-destinazione dinamiche e simulare le condizioni di traffico, sia attuali che conseguenti all'applicazione di possibili scenari di gestione del traffico e di informazione agli utenti (figura 8). Il centro di controllo del traffico riceve i dati raccolti sulla rete stradale con un intervallo di aggiornamento Δt (in genere, non superiore a 5 minuti);aggiorna la stima della ma-

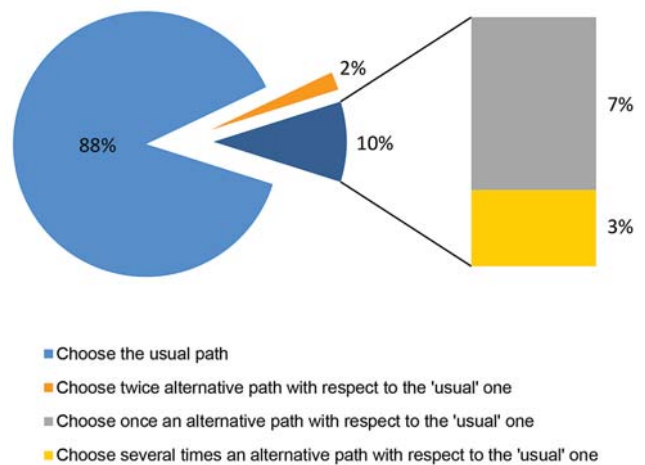


Fig. 7 - Risultati dell'analisi della variabilità giornaliera della scelta di percorso.

Fig. 7 - Results of route choice variability analysis.

tween choice changes and the travel experience. This is probably due to the need of a very long period of analysis that allows observing a sufficient number of users' decision changes, which are expected to be very rare and related to the occurrence of exceptional events. To this goal, further analyses are ongoing on a larger dataset collected during about one year of observations

3.4. Short-term traffic predictions

Most traffic information systems provide the users with the picture of the current traffic conditions: queues, slow traffic and accidents detected in real-time are displayed on a digital map. Moreover, these systems use statistical data to derive predictions of travel times at different hours and different days that they use to provide users with route suggestions based on the travel times forecasted at the time they will make their trip. This feature is very useful to allow the users planning the trips they are going to make in the next hours or days; however, these systems do not face the main issue to predict traffic conditions in the short-term, which is of a paramount relevance in case of anomalous conditions for users who are already traveling or are starting their trips.

The research presented in this paper aims at developing online models that combine statistical data with real-time methods to derive short-term predictions on traffic performances, by following either implicit or explicit modelling approaches.

3.4.1. Explicit Prediction Models

Explicit prediction models apply dynamic traffic assignment models that reproduce explicitly the time-dependent process consisting in the circular relationship be-

trice O-D sulla base delle precedenti configurazioni di traffico rappresentate dalla matrice di assegnazione o da una sua opportuna approssimazione; assegna la matrice O-D per simulare il traffico sulla rete stradale su un intervallo di tempo $\Delta T > \Delta t$ e aggiorna i flussi simulati ed i tempi di viaggio nella base di dati. Poiché l'intervallo di simulazione è più lungo del periodo di aggiornamento, la previsione è valida per tutto l'intervallo di simulazione, finché non vengono ricevuti nuovi dati e non viene effettuata una nuova simulazione.

I modelli espliciti hanno il grande vantaggio di prevedere le prestazioni della rete anche in condizioni anomale e di poter simulare condizioni non ancora esistenti, consentendo così di valutare, ad esempio, gli effetti di differenti politiche di gestione della mobilità o l'impatto di diverse strategie di informazione. Inoltre, mentre i modelli impliciti sono abitualmente applicati su un numero molto limitato di archi, i modelli espliciti forniscono risultati su tutti gli archi della rete simultaneamente. Di converso, i modelli espliciti richiedono un processo di calibrazione del modello estremamente impegnativo ed un grande sforzo per raccogliere tutti i dati di input necessari. In particolare, la stima in tempo reale di matrici O-D dinamiche è un problema particolarmente difficile, che richiede un aggiornamento frequente e dettagliato dei dati di traffico. Inoltre, i modelli espliciti non sono scalabili e non sono generalizzabili esportando in una città un modello calibrato in un'altra. Pertanto, appare conveniente un approccio alla previsione del traffico che sfrutti

tween traffic network loading, variation of network performances due to traffic flow distribution, and the route choice behaviour of drivers depending on perceived or predicted traffic performances. Advanced simulation-based dynamic traffic assignment models were introduced in the '90s to reproduce not only phenomena of congestion spreading on the network but also the behaviour of informed and uninformed users under different scenarios of collective and on-board dynamic traveller information systems [15]. These models were finally complemented with real-time versions capable to collect traffic data in real-time, update the time-dependent origin-destination demand trip matrix, simulate the current traffic conditions and possible traffic management or driver information scenarios under a rolling horizon approach. Figure 8 shows the functional flow-chart of the simulation-based dynamic assignment rolling horizon approach. The traffic centre receives real-time data collected on the road networks with the update time period Δt (typically, 5 minutes or less); then, it updates the estimation of the Origin-Destination (O-D) demand trip matrix on the basis of previous assignment pattern, which is represented by the assignment matrix or by a suitable approximation, it assigns the O-D matrix to simulate the vehicular traffic on the road network over a longer time interval ΔT than Δt , and updates simulated flows and travel times in the traffic centre database. Since the simulation interval is longer than the update period, a longer prediction (typically 1 hour or more) holds until new data are received and a new simulation is run.

Explicit models have the great advantage that they can predict network performances in non-standard conditions and can simulate even non-existing conditions such as the effects of mobility management policies or the impact of different information strategies. Moreover, while implicit models are usually applied on a very limited set of links, explicit models provide results on all links of the network simultaneously. However, explicit models require a huge effort to collect all data necessary as inputs and a cumbersome process to calibrate the model. Specifically, deriving reliable time-dependent origin-destination demand in real-time is a very challenging task, which requires detailed and frequently updated traffic data. Furthermore, they are not scalable and they are not generalizable from one application to another. Finally, a convenient approach to traffic prediction could consist in exploiting the complementary features of the two kinds of models and combine them in an integrated framework.

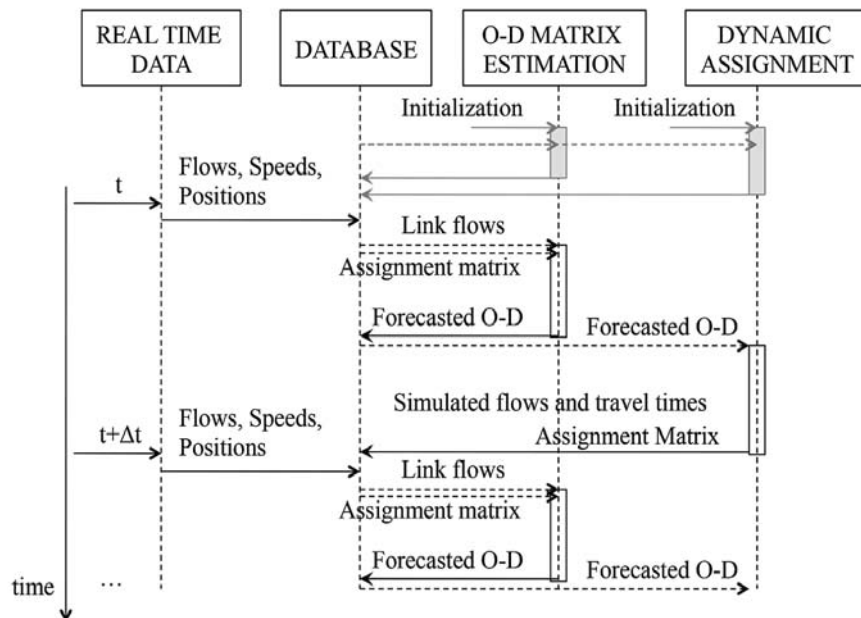


Fig. 8 - Diagramma di flusso dell'approccio 'rolling horizon' al problema dinamico di assegnazione-simulazione e di stima della matrice di domanda di spostamenti Origine-Destinazione (O-D).

Fig. 8 - Functional flow-chart of the rolling horizon approach to simulation-based dynamic traffic assignment and Origin-Destination (O-D) trip demand matrix.

le caratteristiche complementari dei due tipi di modelli e li combini in un approccio integrato.

A titolo esemplificativo, vengono riportati i risultati di un'applicazione condotta in simulazione dagli autori [16], che hanno applicato all'area metropolitana di Roma un modello di assegnazione quasi-dinamico [17] ed un modello dinamico di assegnazione-simulazione rappresentativo dello stato dell'arte, Dynasmart [18]. Nella tabella 1 sono riportati l'errore assoluto medio (MAE) e l'errore quadratico medio normalizzato (NMSE), ottenuti confrontando le velocità simulate con quelle rilevate con i veicoli sonda nello stesso periodo simulato, il periodo di punta del mattino. Entrambi i modelli hanno fornito una leggera sovrastima dei valori di velocità media sulla rete⁽³⁾, contenuta all'interno dell'intervallo di confidenza della stima della velocità media nell'area di studio, pari all'11%.

3.4.2. Modelli di previsione impliciti

Il problema di previsione del traffico a breve termine con approccio implicito è oggetto di studio da parte della comunità scientifica dalla fine degli anni '70. I primi studi hanno prodotto modelli di serie temporali che applicano il metodo Box-Jenkins per prevedere i valori futuri di una variabile mediante una combinazione iterativa dei suoi valori precedenti [19]. Nei fenomeni di traffico le prestazioni di ciascun elemento della rete possono essere condizionate dalla formazione di code o rallentamenti sugli elementi vicini: la sovra saturazione di un nodo o di un arco produce la propagazione all'indietro di una coda che può raggiungere l'intersezione a monte e ridurne la capacità; inoltre, dagli archi che convergono nel nodo possono propagarsi altre code, così che nell'area si può formare un'ancora più vasta congestione. I metodi di previsione del traffico urbano dovrebbero pertanto essere in grado di cogliere le relazioni fisiche esistenti tra archi vicini della rete. In effetti, in letteratura sono stati proposti numerosi modelli multivariati che estendono i modelli di serie temporali introducendo formulazioni vettoriali finalizzate appunto a rappresentare la correlazione spaziale tra le variabili di traffico di diversi elementi sulla rete. Tenendo conto anche dell'aspetto temporale, sono stati poi sviluppati modelli multiparametrici non lineari più complessi, quali le reti neurali artificiali ([20]; [21], e molti altri autori successivi), le reti bayesiane ([22]; [23]) e modelli cosiddetti di 'deep learning' ([24]), che mirano a cogliere la natura intrinsecamente spazio-temporale del traffico in forma implicita.

⁽³⁾ Il valore della velocità media nella tabella 1 è calcolato con riferimento al periodo di punta del mattino, mentre il valore commentato nella nota 2 è riferito all'intera giornata.

TABELLA 1 – TABLE 1

Validazione dei modelli espliciti di stima della velocità rispetto alle velocità FCD rilevate nel periodo di punta del mattino

Validation of dynamic traffic assignment models with respect to FCD measures of speed

Dati/Modello Model	Velocità media Avg. speed (km/h)	MAPE (%)	NMSE (adimensionale)
Floating Car Data	39,7	Rif.	Rif.
Quasi-Dynamic Traffic Assignment	43,3	+9%	+0,21
Dynasmart	40,8	+4%	+0,18

An experimental application was conducted in simulation by the authors month [16], who applied an approximate Quasi-Dynamic Traffic Assignment model [17] and the state-of-art dynamic traffic assignment model Dynasmart [18] to the urban area of Rome. Both the models were validated against the average speed values of collected Floating Car Data. Mean Absolute Percentage Errors (MAPE) and Normalized Mean Square Errors (NMSE) resulting from the application are summarized in Table 1. Both the models provided slight overestimates of the average observed values⁽³⁾. However, the average errors were limited within the confidence interval of measured speed in the study area, which is about 11%.

3.4.2. Implicit prediction models

Scientific community has been studying the short-term traffic prediction problem since late '70s. The earliest studies applied time-series models developed according to the Box-Jenkins method to predict future values of one variable as an iterative combination of its previous observed values [19].

Since traffic phenomena are movements of streams of vehicles onto the road network, the performances of each element of the network can be affected by formations of queues on neighbour elements. Oversaturation at one node or on one link produces a queue spilling back that can reach the upstream junction and reduce its capacity. New queues can propagate from the links entering this node, so that a wider congestion can propagate on that area. Traffic prediction methods should be able to capture such physical relationships among close links of the network.

Several attempts were made to catch spatial correlation between traffic variables on the road network by extending time-series models to multivariate form introducing vectorial formulations. More complex multi-parameter non-linear mathematical models were introduced, such as artificial

⁽³⁾ The average value of the speed in Table 1 is computed with reference to the morning peak period, while the value commented in Note 2 is referred to the whole day.

Nel seguito, viene riportato il risultato delle applicazioni di alcuni modelli di previsione impliciti, basati su reti neurali e reti bayesiane, sviluppati dagli autori utilizzando la base di dati di veicoli sonda descritta in precedenza.

Il vantaggio di modelli previsionali basati su un'architettura di rete, come le reti neurali e le reti bayesiane, consiste nella presunta capacità della struttura di rete di cogliere la correlazione spaziale degli stati di traffico della rete stradale.

Nel caso della rete neurale, è stata utilizzata una classica rete 'feedforward' [25] che fornisce la previsione delle velocità v_{t+1} su un arco come una funzione non lineare dei valori osservati $\mathbf{u}=\{u_j\}$ di m variabili di traffico rilevate in p intervalli temporali precedenti su l archi, incluso quello da prevedere, essendo $j=1, 2, \dots, N=m \cdot l \cdot p$.

$$\hat{v}_{t+1} = f_1 \left[\sum_{h=1}^H \alpha_h f_2 \left(\sum_{j=1}^N \beta_{j,h} u_j + \delta_j \right) + \delta_h \right] \quad (1)$$

Nell'equazione (1) t è l'intervallo temporale corrente, H è il numero di neuroni dello strato nascosto, f_1 e f_2 sono funzioni di attivazione non lineare, $\{\alpha_h\}$ e $\{\beta_{j,h}\}$ sono i coefficienti delle matrici dei pesi, δ_j e δ_h sono valori-soglia associati, rispettivamente, allo strato nascosto e allo strato di uscita.

La figura 9 illustra l'architettura del modello di previsione denominata 'a stella doppia', introdotta per rappresentare un modello alimentato con i valori delle variabili degli archi che compongono la stella entrante e la uscente dell'arco di previsione.

La figura 10 mostra la corrispondente struttura della rete stradale.

Le reti bayesiane (BN) sono modelli grafici probabilistici. Questa definizione evidenzia le due componenti che devono essere specificate in una rete bayesiana: una componente grafica, rappresentata da un grafo aciclico orientato, e una componente probabilistica, rappresentata dal-

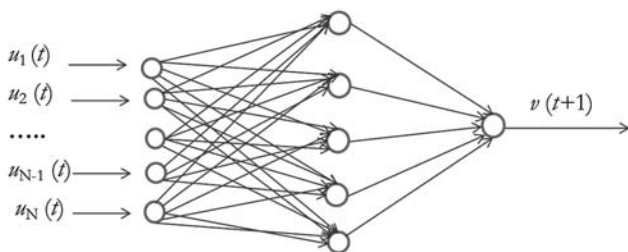


Fig. 9 - Architettura della rete neurale (NN) a stella doppia per la previsione della velocità in funzione della velocità sull'arco stesso e sugli archi della stella entrante e della stella uscente.

Fig. 9 - Double-Star Neural Network (NN) architecture for short-term speed prediction as a function of the target link, backward star and forward star average speed v .

neural networks [20]; [21], and many other authors later on), Bayesian networks [22]; [23] and deep architecture models [24], with the aim of capturing the inherent time-space nature of road network traffic implicitly.

A brief overview of the prediction models and a summary of the results achieved by the authors in their previous work using the same database of Floating Car Data are reported in the following as an example. The expected advantage of prediction methods based on network architecture, such as Neural Networks and Bayesian Network, is that their graph structure should have the capability to catch the time-dependent spatial correlation of traffic states on the road network. Artificial Neural Networks NN is a static nonlinear feedforward vector multivariate function [25] that forecasts the future value of speed v_{t+1} on an output link as a nonlinear function of the observed values $\mathbf{u}=\{u_j\}$ of m traffic variables detected in p previous time intervals on l links, including the output one, being $j=1, 2, \dots, N=m \cdot l \cdot p$.

$$\hat{v}_{t+1} = f_1 \left[\sum_{h=1}^H \alpha_h f_2 \left(\sum_{j=1}^N \beta_{j,h} u_j + \delta_j \right) + \delta_h \right] \quad (1)$$

In the formula, t is the current time interval, H is the number of neurons in the hidden layer, f_1 and f_2 are nonlinear activation functions, $\{\alpha_h\}$ and $\{\beta_{j,h}\}$ are coefficient matrices, δ_j and δ_h are threshold values associated with the hidden and output layers, respectively.

Figure 9 illustrates the so-called 'double star' architecture of the prediction model fed by the variables measured on the forward star and the backward star of links; figure 10 shows and the corresponding structure of the road network.

Bayesian Networks (BN) are probabilistic graphical models. This definition outlines the two components that must be specified in a BN: a graphical component, represented by a directed acyclic graph, and a probabilistic component, expressed by probability distributions. In particular, each node of the graph represents a random variable, while the links that connect the nodes represent probabilistic dependencies between the corresponding random variables. The cause-effect relations used in BNs can be represented by considering the neighbour links in case of traffic dynamics.

The forecasted value \hat{v}_{t+1} on a generic link is the expected value of the posterior probability function of the speed, attained as the result of an a priori estimation v_{t+1}^o and conditioned by the probability density function of the variables $\{\mathbf{u}_t^{(1)}, \mathbf{u}_t^{(2)} \dots\}$ observed in the recent past on some parent nodes. The input variables \mathbf{u} are composed, other than the speeds v , by their standard deviations σ and the numbers of observations n in the same observation periods, to take into account of the statistical significance of the average speeds. Both upstream and downstream links of the prediction link were included to take into account both forward flow progression that occurs in light traffic and spillback

le distribuzioni di probabilità delle variabili rilevanti. In particolare, i nodi del grafo rappresentano ciascuno una variabile casuale, mentre gli archi che li connettono rappresentano dipendenze probabilistiche tra le variabili. Le relazioni di causa-effetto usate nelle reti bayesiane possono essere rappresentate considerando la dinamica del traffico che si svolge tra archi contigui.

Il valore di velocità \hat{v}_{t+1} previsto su un generico arco della rete è il valore atteso della funzione di probabilità a posteriori della velocità, ottenuto quale risultato di una stima a priori v_{t+1}^0 condizionato dalla funzione di densità di probabilità delle variabili di input $\{u_t^{(1)}, u_t^{(2)} \dots\}$ osservate in un recente passato sui nodi antecedenti (o nodi genitori, secondo la terminologia delle reti bayesiane). Sia gli archi a monte che quelli a valle dell'arco di previsione sono stati inseriti nella rete bayesiana per tenere conto, rispettivamente, della progressione in avanti del flusso che avviene in condizioni di scarso traffico e della progressione all'indietro che si verifica in condizioni di congestione. Le variabili di input u sono costituite, oltre che dalle velocità v , dalla loro varianza σ e dal numero n di osservazioni nel periodo di osservazione, così da tenere conto della significatività statistica delle velocità medie.

La figura 11 illustra l'architettura del modello di previsione bayesiana basato sulla stessa architettura 'a stella doppia', introdotta per la rete neurale e corrispondente alla rete stradale rappresentata in figura 10.

La validazione dei modelli di previsione è stata effettuata confrontando le velocità previste da ciascun modello con le corrispondenti velocità medie osservate durante l'ultima settimana del mese di osservazione su un insieme di 20 archi che costituiscono la rete principale del quartiere EUR di Roma [12]. La tabella 2 riporta gli indicatori di errore della rete neurale (NN) e una rete bayesiana (BN) che utilizza come stima a priori il risultato di un modello di serie temporali SARMA. Quale termine di

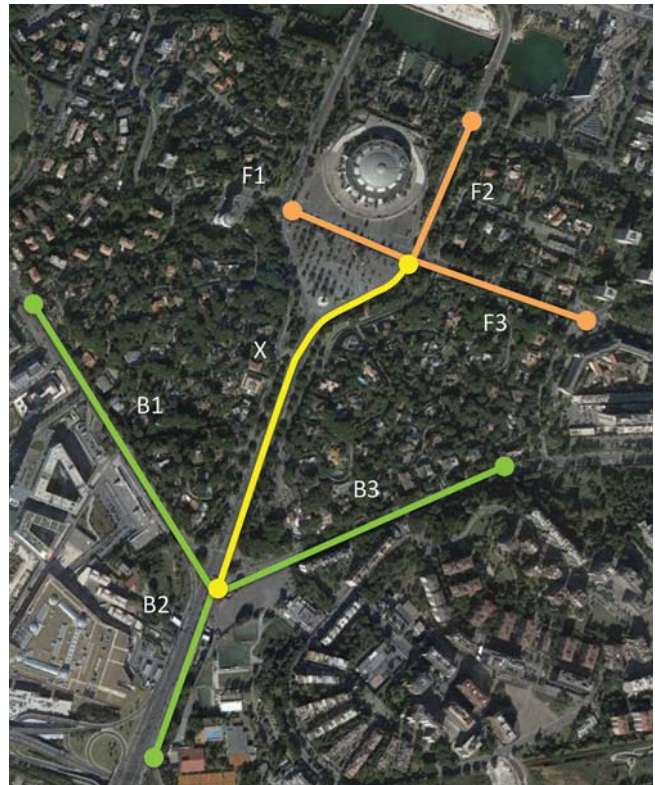


Fig. 10 - Arco di previsione (identificato dalla 'X'), archi a monte (B1, B2, B3) e archi a valle (F1, F2, F3) corrispondenti alla rete neurale illustrata in figura 9 e alla rete bayesiana illustrata in figura 11.

Fig. 10 - Target link for predictions (labelled as 'X'), backward links (B1, B2, B3) and downstream links (F1, F2, F3) with reference to the Neural Network architecture in figura 9 and the Bayesian Network illustrated in figura 11.

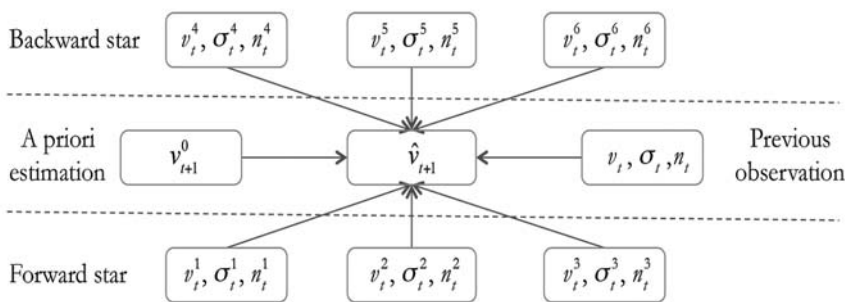


Fig. 11 - Architettura della rete bayesiana a stella doppia per la previsione della velocità in funzione della stima a priori, delle velocità v , della varianza σ delle velocità e del numero n di osservazioni sugli archi della stella entrante e della stella uscente.

Fig. 11 - Double-Star Bayesian architecture for short-term speed prediction as a function of a priori estimation, backward star and forward star average speed v , speed standard deviation σ , and number of observations n .

progression that arises in congested conditions. Figure 11 illustrates the architecture of the Bayesian prediction model based on the same 'double star' architecture introduced for the Neural Network and corresponding to the road network depicted in figure 10.

Model validation was performed by comparing speeds forecasted by different models with the corresponding average speeds observed during the last five weekdays of the month on a set of 20 main road links in the EUR borough in Rome [12]. Table 2 reports the error indicators for the Bayesian Network with a priori estimation obtained by SARMA time-series model (BN) and the Neural Network (NN). To appreciate the contribution achieved by applying the prediction

paragone, sono riportati anche gli indicatori di errore ottenuti applicando metodi di previsione semplici, quali un semplice filtro di media mobile (MA) calcolata sulle ultime tre osservazioni e la media statistica (HA) calcolata sull'insieme dei dati raccolti in precedenza.

La rete bayesiana con stima a priori SARMA fornisce i risultati migliori, con valori dell'errore medio assoluto (MAE) e dell'errore quadratico medio (RMSE) di 6,73 km/h e 9,28 km/h, rispettivamente. La rete neurale presenta prestazioni analoghe, con valori di MAE e RMSE rispettivamente pari a 6,82 km/h e 9,48 km/h. Gli indici di errore della media statistica e della media mobile, riportati a titolo di confronto, eccedono valori MAE di 8 km/h per MAE e RMSE di 11 km/h.

Ai fini di un eventuale confronto tra approccio implicito ed approccio esplicito, che peraltro qui non viene proposto direttamente, si deve tenere conto del fatto che il modello esplicito è stato applicato per simulare l'ora di punta su tutti gli archi della rete con intervalli temporali di 15 minuti e che la sua validazione è stata compiuta con riferimento ai valori giornalieri medi; al contrario, le previsioni del modello implicito sono state eseguite su 20 archi della rete per intervalli di 5 minuti e la relativa validazione è stata effettuata con riferimento ad una settimana di osservazioni, mediando successivamente i valori.

4. Futuri sviluppi

L'analisi dei dati individuali esposta nei paragrafi precedenti ha evidenziato la necessità di stimare lo stato del sistema di mobilità e di prevederne le prestazioni future al fine di fornire agli utenti servizi personalizzati che tengano conto delle loro preferenze e delle loro abitudini. Questi temi sono più diffusamente esposti in un recente volume degli autori [26], di cui si riportano nel seguito le considerazioni principali, con l'obiettivo di definire le caratteristiche e i requisiti dei futuri sistemi di informazione basati sull'uso dei Big Data acquisiti con continuità sulla rete o forniti direttamente dagli utenti, in forma di condivisione o di richiesta di servizio.

4.1. Personalizzazione ed estensione della informazione

Comprendere le preferenze degli utenti rende l'informazione più efficace. Proporre solo le alternative che corrispondono alle preferenze degli utenti, infatti, agevola il compito di scegliere tra molteplici alternative e rende l'uso del servizio più veloce e più agevole. Nonostante i sistemi d'informazione possano richiedere al conducente di definire esplicitamente le proprie preferenze di scelta secondo criteri come costo, tempo, distanza e sicurezza, i metodi di intelligenza artificiale come il 'machine lear-

TABELLA 2 – TABLE 2

Indicatori di errore per i modelli di previsione basati su rete bayesiana (BN), su rete neurale (NN), per la media storica (HA) dei dati e per un filtro di media mobile su tre intervalli precedenti

Error indicators for the selected models and for the historical average on the validation data set for a confidence levels P=0.90 of the average speed estimates

Modello Model	MAE [km/h]	MAPE [%]	RMSE [km/h]	RMSEN [adim.]
BN	6.73	11%	9.28	0.15
NN	6.82	12%	9.48	0.15
MA	8.47	14%	12.03	0.19
HA	8.23	14%	11.83	0.19

models to speed forecasts with respect to a simple data filtering technique, we applied simple predictors such as the moving average filter (MA) computed on the last three observations and the Historical Average (HA) computed on the calibration dataset.

BN with SARMA a priori estimate provides the best results for all the confidence levels examined, with MAE and RMSE indicators equal to 6.73 km/h and 9.28 km/h, respectively. NN shows similar indicators with MAE and RMSE, that is 6.82 km/h and 9.48 km/h respectively. The error indicators of the historical average –that is, the statistical estimate– and the moving average (MA) are reported as a reference value. For both of them, MAE and RSME exceed 8 km/h and 11 km/h, for MAE and RMSE respectively. In the table, Mean Absolute Percentage Error and Root Mean Square Error Normalized are also reported to provide relative error indicators.

A comparison between the results of the implicit and the explicit models is not proposed here, because the two applications are not consistent with each other. In fact, the explicit model has been applied to simulate the whole road network for one hour with 15-minute time intervals and has been validated with reference to the average daily speed values. However, the predictions of the implicit model have been performed on 20 road links with 5-minute intervals and the corresponding validation has been conducted over one week of observations.

4. Future Applications

The modelling mobility issues described in the previous section open new perspectives to develop advanced applications of control methods, information strategies and mobility services. Traveller information services should exploit the richness of the big data collected by individual devices to obtain personalized services that take into account users' preferences and habits. The issue is widely dealt with in a recent book [26], whose main considerations are reported here, with the aim to define characteristics and requirements of future information systems based on Big Data continuously collected on the network or directly provided by the users, in the form of crowdsourcing or for services required.

ning', le reti neurali artificiali, le reti bayesiane e gli algoritmi di 'clustering' sono in grado di apprendere autonomamente le preferenze degli utenti e i loro meccanismi di scelta direttamente dalla continua osservazione dei loro comportamenti di mobilità. L'autoapprendimento riduce la quantità di informazioni che l'utente deve fornire al sistema e non lo distoglie dallo svolgimento di altre attività, ed in particolare dalla guida.

4.2. Disponibilità di parcheggio

La più diretta estensione dei sistemi di guida di percorso consiste nel fornire agli utenti un'informazione sulla disponibilità di parcheggio e aggiungere al tempo di percorrenza una stima del tempo necessario per trovare uno stallone libero.

I parcheggi fuoristrada sono spesso equipaggiati con sensori infrarossi in grado di rilevare la presenza dei veicoli negli spazi di sosta. Per i parcheggi su strada sono stati di recente introdotti sistemi di rilevamento che usano sensori video con elaborazione di immagini o sensori magnetici.

In tal modo, i conducenti possono essere informati in tempo reale del numero di stalli di sosta disponibili in prossimità della loro destinazione e possono essere guidati verso il parcheggio prescelto. Il tempo necessario per trovare uno spazio di sosta libero su parcheggi non monitorati può essere stimato sviluppando metodi che utilizzano i dati da veicoli sonda. Se i veicoli monitorati sono campionati con elevata frequenza, i metodi di stima confrontano direttamente il percorso seguito in prossimità della destinazione con il percorso più veloce ed assumono che il tempo in eccesso sia il risultato di percorsi più contorti effettuati alla ricerca di uno stallone libero. Se il campionamento di veicoli monitorati ha una frequenza più bassa, il tempo in eccesso alla ricerca del parcheggio può essere stimato confrontando la distanza percorsa tra punti consecutivi rilevati in prossimità della destinazione con la distanza attesa, che può essere derivata da valori precedentemente rilevati per lo stesso veicolo così come dai valori di altri veicoli rilevati nella stessa area nello stesso intervallo di tempo.

4.3. Informazione intermodale

L'approccio intermodale è un requisito importante dei sistemi di informazione agli utenti. Infatti, mentre il trasporto stradale è caratterizzato da effetti di congestione che riducono la velocità al crescere della domanda, i sistemi di trasporto collettivo sono caratterizzati da economie di scala, che consentono di ridurre il costo unitario per passeggero al crescere della domanda. Infatti, la maggiore capacità del veicolo e la possibilità di formare convogli consentono di accrescere la capacità della linea di trasporto collettivo per rispondere ad una domanda elevata e ridurre così il contributo relativo ai costi fissi dell'infrastruttura sul costo totale del trasporto.

4.1. Personalisation and extension of information

Understanding users' preferences makes the information more effective. Only the alternatives that match with expected preferences of the user can be proposed directly. This reduces the effort of the users to choose among many alternatives and makes the use of the service quicker and easier. Although traveller information systems can ask the driver to explicitly state his/her choice preferences by ranking criteria like cost, time, distance, safety, scenery, some machine learning methods, like artificial neural networks, Bayesian networks, and clustering pattern matching, try to learn users' preferences and choice mechanism directly from continuous observations of his/her travel behaviour.

Individual travel information can be integrated with other personal services. Since mobility usually depends on the need of performing other activities, this feature would allow the users to optimize his/her activity plan by selecting the optimal schedule of activities. Optimization routines that solve scheduling and travel salesman problems can help the user to find the most convenient sequence of activities. Self-learning reduces the amount of information that the user has to provide to the system and does not distract him from his task and overall from the driving attention.

4.2. Parking availability

The simplest extension of route guidance systems is to provide estimation on parking availability and to add the time needed to find a free parking space to the travel time. Out-street parking is often equipped with infrared sensors able to detect the presence of vehicles in parking spaces. Detection systems using video image processors or magnetic sensors were recently introduced also for on-street parking. So, drivers can be informed online about the number of available parking places near their destination and can be guided toward the parking they have chosen. Methods to estimate the time needed to find a free parking place on unmonitored parking could be derived by exploiting floating car data. If tracked vehicles are sampled at high-frequency rate, the estimation method directly compares the route followed in the neighbourhood of the destination with the quickest route and assumes the overtime resulting from the convoluted path be due to parking search. If sampling of tracked vehicles has a low rate, the overtime to find a free parking can be determined by comparing the speed or the distance travelled between consecutive points detected near the destination with respect to the expected values, which can be derived from the previous values detected for the same vehicle as well as by the values of other vehicles in the same area and the same time

4.3. Intermodal information

The intermodal approach is a fundamental feature for traveller information systems. In fact, while car transport is affected by congestion effect that reduces the speed as the

Sono oggi disponibili molti dispositivi di assistenza ai viaggiatori ('travel assistant') che considerano i differenti modi di trasporto alternativi al percorso stradale. Poiché la maggior parte degli autobus sono equipaggiati con tecnologie di localizzazione, i 'travel assistant' sono aggiornati automaticamente sulle posizioni dei veicoli e fornire ai viaggiatori previsioni in tempo reale dei tempi di attesa alle fermate. D'altra parte, le ferrovie sono sistemi chiusi abitualmente equipaggiati con sistemi di monitoraggio specifici, così che le informazioni sulla posizione dei treni e le previsioni dei tempi di attesa sono anch'esse incluse nei 'travel assistant' dinamici che dipendono da accordi con le imprese ferroviarie. Per acquisire maggiore efficacia, i sistemi di informazione intermodale devono fornire agli utenti un insieme completo di alternative che includano tutti i singoli modi di trasporto e i possibili interscambi con un livello di dettaglio sufficiente a consentire al viaggiatore trasbordi rapidi e confortevoli da un modo all'altro. Al riguardo, vanno rese disponibili ai viaggiatori mappe dettagliate delle stazioni ferroviarie e di metropolitana, così come di porti ed aeroporti, che, unitamente a sistemi di localizzazione terrestre, forniscano una copertura complementare ai sistemi satellitari che non sono ricevibili in luoghi chiusi.

4.4. Mobilità come servizio

Nuovi servizi di trasporto come 'car sharing', 'car pooling', 'bike sharing', così come altri servizi di trasporto pubblico flessibile, quali gli autobus a deviazione di percorso, consentono di estendere le opportunità di mobilità e di migliorare le prestazioni del sistema di trasporto nel suo complesso. I sistemi ICT hanno migliorato grandemente l'accessibilità a questi servizi; la loro quota di mercato si è accresciuta significativamente negli ultimi anni e ci si attende continui a crescere in futuro. Una rivoluzione simile a quella attuata dall'e-commerce nel trasporto merci, che consente agli utenti di acquistare i prodotti su Internet e di riceverli a casa, si può pensare avvenga nella mobilità dei passeggeri grazie ai nuovi servizi di assistenza alla mobilità. L'accettazione da parte degli utenti è un aspetto cruciale per assicurare che questi nuovi servizi siano realmente efficaci al fine di ridurre la congestione di traffico, accrescere la mobilità sostenibile e infine migliorare le prestazioni del sistema di trasporto.

Un aspetto fondamentale della mobilità come servizio consiste nel disgiungere le scelte di mobilità dal possesso di un veicolo. Pertanto, l'approccio alla mobilità come servizio implica che l'uso di una autovettura debba essere solo una delle possibili alternative. Poiché la mobilità è un'esigenza secondaria, condizionata al soddisfacimento di esigenze primarie (lavoro, studio, acquisti, impegni personali, svago), è importante che la mobilità come servizio sia sviluppata considerando l'insieme delle attività personali nel loro complesso, nonché le preferenze comportamentali e le esigenze personali dell'utente, che includono condizioni di salute, attitudine alle interazioni sociali ed aspetti legati alla sicurezza personale.

demand flow increases, mass transit systems is characterized by scale economies, which allow reducing the unit cost for passenger as the demand increases. The reason for such opposite features is due to the large vehicle capacity of mass transit that makes it possible to increase the transit line capacity if required by higher demand and so reduce the relative contribution of infrastructure fixed cost on the total travel cost.

Many travel assistants are now available that consider the different transport modes as alternatives to usual car routes. Since most buses are equipped with locating technologies, travel assistants are updated dynamically and provide travellers with real-time information on expected bus arrival times. Railways are closed systems that are usually equipped with specific monitoring system. Information on train positioning and expected delays are also included in dynamic travel assistants depending on agreements with rail companies.

To be more effective, intermodal traveller assistants must provide users with a full set of alternatives that include all single modes and possible interchanges with a sufficient level of detail to allow the traveller making comfortable and timely transfers from one mode to another. On this regard, detailed maps of rail and underground stations, as well as ports and airports, should be developed and made available to travellers through ground locating systems that provide complementary indoor coverage to positioning satellite systems where they are not receivable.

4.4. Mobility as a service

New transport services such as car sharing, car pooling, as well as bike sharing, and other flexible public transport services enlarge transport opportunities and improve overall transport system performances. ICT improved greatly the accessibility of these services and their market share increased significantly in the last years and is expected to continue its growth in future. A similar revolution actuated by e-commerce in freight transport (where customers buy their products on the Internet and receive them at home) can be envisioned in passenger mobility thanks to new mobility assistance services. Users' acceptance is a crucial issue to ensure that the new services be really effective in order to reduce traffic congestion, increase sustainable mobility and finally improve transport system performances.

Specific mobility assistance services include information on available travel alternatives, real-time information as well as ticket booking and buying. A full deployment of the concept of 'mobility as a service' requires that mobility-specific services be integrated within a more general approach to the complex dynamic individual-specific set of users' needs. On the other hand, different user groups may exhibit different needs and require so different kinds of services.

Mobility assistance should be integrated into the personal user agenda and provide users with best solutions for

4.5. Partecipazione degli utenti

Le reti sociali sono uno straordinario prodotto dello sviluppo delle tecnologie di comunicazione (ICT), che consentono agli utenti di interagire e di scambiarsi informazioni. Nel sistema di trasporto le reti sociali sono anche uno strumento che consente di raccogliere e distribuire informazioni sulle qualità del sistema di trasporto, quali la pulizia, i ritardi, l'affollamento, la puntualità. Gli utenti possono valutare la qualità del servizio di trasporto direttamente comunicando una loro personale opinione o indirettamente, venendo tracciati durante il proprio spostamento e contribuendo così alla rilevazione di eventuali scostamenti del servizio dall'orario o dalla frequenza prevista. A differenza del traffico stradale, in cui gli utenti che usano lo stesso percorso possono condividere l'informazione sulla presenza di congestione ma non possono agire direttamente per ridurla, nel caso del trasporto pubblico, l'informazione raccolta dagli utenti, se condivisa con l'azienda di trasporto, consente a questa di intervenire sul servizio e di migliorarlo, adattandolo alla domanda o per risolvere altre criticità. I servizi di trasporto pubblico dinamici ('para-transit') possono essere regolati in tempo reale per servire gli utenti attraverso percorsi 'many-to-many' che raccolgono gli utenti all'origine del proprio spostamento e li trasportano verso la loro destinazione oppure alla stazione del trasporto pubblico più conveniente. Un siffatto approccio alla partecipazione degli utenti al trasporto pubblico consente a questi ultimi di influenzare la modalità di erogazione del servizio, fornendo maggiore flessibilità al sistema e garantendo lo sviluppo di una progettazione del servizio 'dal basso'. Gli utenti diventano in tal modo partner del progetto e dell'innovazione dei servizi pubblici, mentre partecipano direttamente allo uso di nuovi servizi [27].

4.6. Integrazione con i sistemi di controllo del traffico

I sistemi dinamici di controllo del traffico adattano le strategie di regolazione ai flussi di traffico rilevati in stazioni di monitoraggio generalmente fisse [28]. Il flusso di controllo è monodirezionale e diretto dal monitoraggio del traffico agli attuatori (semafori, pannelli a messaggio variabile). In accordo con le tecniche di controllo a circuito chiuso, le strategie di regolazione possono essere modificate quando l'output osservato si discosta dall'obiettivo di regolazione. Lo sviluppo di sistemi di tracciamento dei veicoli e di informazione agli utenti rende possibile lo sviluppo di strategie di controllo proattive che, monitorando le posizioni individuali dei veicoli e prevedendo i tempi di arrivo alle intersezioni, modificano i tempi di verde dei semafori e indicano a ciascun conducente una velocità consigliata per giungere alla intersezione a valle durante il verde o gli suggeriscono di decelerare gradualmente se è previsto che il semaforo a valle sarà a rosso per un tempo relativamente lungo.

Inoltre, in una forma di interazione più avanzata, il sistema di informazione può invogliare i conducenti ad

his/her needs. Similarly, it might suggest alternative activities between different segments of the trips to optimize users' agenda. A key issue of the mobility as a service is to decouple mobility choices to ownership of a vehicle. Since mobility is a secondary need conditioned to fulfil a primary need (work, study, shopping, personal duties, leisure), it is important that mobility as a service be approached by considering the overall set of personal activities. Thus, the approach to 'mobility as a service' implies that the use of a car should be just one of possible alternatives and that individual's mobility choices depend on the opportunities provided by each different alternative with reference to the specific patterns of daily activities, behavioural preferences and personal motivations of the user, including health, attitudes to social interactions and security issues.

4.5. Users' participation

Social networks are an extraordinary product of the ICT deployment that allows users interacting and exchanging information with them. In the transport system, social networks are a parallel way to collect and distribute information on the transport system features like overall quality, cleanness, delays, crowdedness, and timeliness. Users can detect transport service quality both directly by communicating their personal opinion and indirectly being tracked during their trip. Unlike car traffic, in which travellers using the same route can share information about possible congestion but do not act directly to reduce it, transit service can be improved if the information collected by the travellers is provided to the transit agency. In fact, transit service can be adapted to travel demand. The frequency of scheduled transit services can be increased to serve higher peaks of demand or reduced in the contrary case of fewer users. Dynamic public transport services like so-called paratransit can be adapted in real-time to serve the users in many-to-many transport services where users are collected at their origins and transported to either their destination or a suitable transit station.

In such an approach to users' participation to public transport, users should be empowered to influence the service, which will give flexibility to the system and foster bottom-up development. They can become partners in the design and innovation of public services and entrepreneurs in the exploitation of new services [27].

4.6. Integration with traffic control systems

Dynamic traffic control systems adapt regulation strategies to traffic flows detected at fixed monitoring stations [28]. The control loop is one-way and directed from the traffic monitoring to the traffic actuators, which determine drivers' rights of way. According to feedback control, regulation strategy can be adjusted when the observed output deviates from the regulation objective.

Deployment of individual vehicles tracking and traveller information systems makes it possible to develop proactive

avere un comportamento cooperativo e formare plotoni compatti, così da realizzare configurazioni di traffico che possano sfruttare la capacità stradale di arterie stradali sincronizzate in maniera più efficiente, servendo flussi di traffico più elevati con migliori livelli di servizio. Al tempo stesso, il sistema di regolazione può modificare dinamicamente la banda di verde in funzione del numero di veicoli in arrivo a ciascun approccio. Una volta definita la banda di verde, i conducenti possono essere informati direttamente sulla velocità da mantenere per rientrare nel verde alle intersezioni. Il sistema può essere progettato naturalmente per riconoscere i veicoli dotati di priorità e modificare l'inizio o la fine del verde per servirli.

I sistemi di comunicazione veicolo-veicolo (identificati in genere con la sigla V2V), oggi in fase avanzata di sviluppo consentono ai veicoli di comunicare tra loro. È così possibile applicare tecniche di monitoraggio del traffico [29] e di rilevamento automatico degli incidenti [30] e attivare strategie di guida cooperative al fine di mantenere una velocità di crociera coerente con la distanza di sicurezza. In futuro, la comunicazione tra veicoli attraverso protocolli V2V consentirà di regolare la precedenza alle intersezioni senza semafori fissi: i veicoli potranno negoziare la precedenza scambiandosi messaggi che contengono la posizione, la velocità, la direzione del viaggio e altri possibili informazioni riguardanti lo spostamento. La logica di regolazione assegna la precedenza a ciascuno dei possibili veicoli in arrivo, preservando per quanto possibile le opportunità di progressione dei veicoli senza essere fermati alle intersezioni a valle. In tal modo, la logica di regolazione dovrebbe conformarsi a schemi di controllo globale che tengano conto degli stati di traffico delle altre intersezioni e delle configurazioni di traffico veicolare nell'area circostante.

5. Conclusioni

In questa memoria sono state presentate e discusse alcune opportunità offerte dai 'Big Data' per sviluppare modelli e servizi innovativi di trasporto e ne sono state esposte le principali problematiche, con riferimento all'aggregazione dei dati, al livello di significatività delle misure e alla variabilità intrinseca del fenomeno.

Sono stati presentati i risultati di alcune analisi sperimentali eseguite su una base di dati costituita da circa 100 milioni di posizioni e di velocità raccolte per un mese nella città di Roma. Da questa analisi sono state tratte le seguenti conclusioni riguardanti la variabilità dei dati e, conseguentemente, il livello di accuratezza desiderato:

- tra un giorno e l'altro della settimana, il coefficiente di variazione delle velocità è mediamente compreso tra il 3,5% e il 5%, con riferimento ai soli giorni feriali;
- il coefficiente di variazione inter-veicolare della velocità, misurato sull'intera rete e per l'intero intervallo di rilevazione, è pari al 23% della velocità media, ma si riduce significativamente in presenza di congestione.

control strategies that monitor individual vehicle positions and predict arrival times at intersections, adjust the green at signals and supply each driver with the information about the suggested speed to arrive at the intersection during the green or the advise to decelerate gently up to the stop line because the signal will be red for a relatively long time. Drivers can be pushed to have a cooperative behaviour and form compact platoons, so realizing traffic patterns that can be more easily served with synchronized signals and exploit the road capacity more efficiently. Higher traffic volumes can be served with better levels of service.

Green bandwidth can be adapted dynamically and drivers can be advised to keep the speed that allows them to stay within it. The system can be designed to recognize priority vehicles and adjust the start or the end of green to serve them.

Forthcoming Vehicle-to-Vehicle (V2V) communications systems allow vehicles to communicate with them. In such a way, it is possible to develop new monitoring strategies to estimate the current traffic states [29] and automatic incident detection [30] as well as activate cooperative driving in order to keep safe distance. In the future, communication between vehicles through V2V protocols would make it possible to regulate right of way at intersections without fixed signals. Vehicles can negotiate the right of way by exchanging messages containing position, speed, travel direction, vehicle type and other possible information about the trip. The regulation logic that assigns right of way to one of the several possible competing vehicles should preserve the opportunities of vehicles for progression without being stopped at downstream intersections. Thus, the regulation logic should refer to global control schemes that take into account the traffic states of the other intersections and the patterns of vehicular traffic moving within the surrounding area.

5. Conclusions

The paper presented and discussed some opportunities offered by the 'Big Data' to develop innovative models and services for transport and examined the main issues, with reference to the aggregation of data, the significance level of the measures, and the inherent variability of the mobility phenomenon.

The results of several experimental analyses have been presented by using a dataset of about 100 million individual positions and speeds collected during one month in the town of Rome. The following conclusions have been derived from these analyses concerning the variability of the data and, consequently, the desired accuracy level:

- *the coefficient of variation of the speed among different weekdays ranges between 3.5% and 5%;*
- *the coefficient of variation of the inter-vehicle speed, computed over the whole road network and for the whole observation interval, is 23% of the average speed, but it reduces significantly in case of congestion.*

Sono stati inoltre presentati i risultati di alcune applicazioni volte a individuare le condizioni di congestione più critiche sulle arterie stradali della città di Roma e a prevedere le condizioni di traffico nel breve termine. Al riguardo, sono stati presentati due modelli di previsione che, applicando un'architettura a stella doppia, colgono le correlazioni tra archi stradali contigui. I due modelli hanno fornito risultati paragonabili, con errori percentuali assoluti dell'ordine dell'11% per una rete bayesiana con stima a priori SARMA e del 12% per una rete neurale 'feedforward'.

Infine, sono state descritte e commentate alcune possibili applicazioni di Big Data finalizzate a realizzare servizi di trasporto più flessibili, con una maggiore partecipazione degli utenti, con più integrazione tra informazione e controllo.

The results of several applications were presented aimed at identifying the most critical congestion conditions on the road arteries in the town of Rome and at performing short-term traffic predictions. On this regard, two prediction models were introduced that apply a double star architecture to capture the correlation among neighbour road links. The two models exhibited similar performances: mean absolute percentage errors as 11% for a Bayesian network with a priori estimation computed by a SARMA model and as 12% for a feed forward neural network.

Finally, possible applications of Big Data were discussed that aim at developing more flexible transport services, a wider users' involvement through crowdsourcing, and a closer integration between information and control

BIBLIOGRAFIA - REFERENCES

- [1] PROVOST F. & FAWCETT T. (2013), *Data Science and its Relationship to Big Data and Data-Driven Decision Making*. Big Data. February 2013, 1(1), pp. 51-59. <https://doi.org/10.1089/big.2013.1508>.
- [2] CHEN M., MAO S., & LIU Y. (2014), *Big data: A survey*. Mobile networks and applications, 19(2), 171-209.
- [3] SUTHAHARAN S. (2014), *Big data classification: Problems and challenges in network intrusion prediction with machine learning*. ACM SIGMETRICS Performance Evaluation Review, 41(4), 70-73.
- [4] WARD J.S., & BARKER A. (2013), *Undefined by data: a survey of big data definitions*. arXiv preprint arXiv:1309.5821.
- [5] CASTRO-NETO M., JEONG Y.-S., JEONG M.-K., HAN L.D., 2009, *Online-SVR for short-term traffic flow prediction under typical and atypical traffic conditions*. Expert Syst. Appl. 36, 6164-6173. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2008.07.069>.
- [6] HERRERA J.C., WORK D.B., HERRING R., BAN X. (JEFF), JACOBSON Q., BAYEN A.M., 2010, *Evaluation of traffic data obtained via GPS-enabled mobile phones: TheMobile Century field experiment*. Transp. Res. Part C Emerg. Technol. 18, 568-583. doi:10.1016/j.trc.2009.10.006.
- [7] BUCKNELL C., HERRERA J.C., 2014, *A trade-off analysis between penetration rate and sampling frequency of mobile sensors in traffic state estimation*. Transp. Res. Part C Emerg. Technol. 46, 132-150. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trc.2014.05.007>.
- [8] ZHU S., & LEVINSON D. (2015), *Do people use the shortest path? An empirical test of Wardrop's first principle*. PLoS one, 10(8), e0134322.
- [9] COLOMBARONI C. & FUSCO G. (2014), *Artificial neural network models for car following: experimental analysis and calibration issues*. Journal of Intelligent Transportation Systems, 18(1), 5-16.
- [10] CIPRIANI E., NIGRO M., FUSCO G. & COLOMBARONI C. (2014), *Effectiveness of link and path information on simultaneous adjustment of dynamic OD demand matrix*. European Transport Research Review, 6(2), pp. 139-148.
- [11] DENG W., LEI H., ZHOU X., 2013, *Traffic state estimation and uncertainty quantification based on heterogeneous data sources: a three detector approach*. Transp. Res. Part B Methodol. 57, 132-157. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trb.2013.08.015>.
- [12] FUSCO G., COLOMBARONI C., ISAENKO, N. (2016a), *Short-term speed predictions exploiting Big Data on large urban road networks*. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 73, 183-201.
- [13] DE LA BARRA T., PEREZ B., & ANEZ J., *Multidimensional path search and assignment*. In PTRC Summer Annual Meeting, 21st, 1993, University of Manchester, United Kingdom.
- [14] WATLING D.P., & CANTARELLA G.E. (2015), *Model representation & decision-making in an ever-changing world: the role of stochastic process models of transportation systems*. Networks and Spatial Economics, 15(3), 843-882.

- [15] MAHMASSANI H. AND JAYAKRISHNAN R. (1991), *System Performance and User Response under Real-Time Information in a Congested Traffic Corridor*, *Transportation Research Part A*, 25(5), 293-307.
- [16] FUSCO G., COLOMBARONI C., COMELLI L., ISAENKO N. (2015), *Short-term traffic predictions on large urban traffic networks: Applications of network-based machine learning models and dynamic traffic assignment models*, in: 2015 International Conference on Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems (MT-ITS). IEEE, Budapest, Hungary, pp. 93–101. doi:10.1109/MTITS.2015.7223242.
- [17] FUSCO G., COLOMBARONI C., GEMMA A. & LO SARDO S. (2013), *A quasi-dynamic traffic assignment model for large congested urban road networks*, *International Journal of Mathematical Models and Methods in Applied Sciences*, 7 (4), pp. 341-349.
- [18] MAHMASSANI H., ZHOU X., QIN X., & LU C-C. (2004), *DYNASMART-X User's Guide and Programmer's Guide*.
- [19] AHMED M.S., COOK A.R. (1979), *Analysis of freeway traffic time-series data by using Box-Jenkins techniques*. *Transp. Res. Rec.*, 722, 1–9.
- [20] FUSCO G., GORI S. (1996), *The Use of Artificial Neural Networks in Advanced Traveler Information and Traffic Management Systems*, in: *Proceedings of the 1995 4th International Conference on Applications of Advanced Technologies in Transportation Engineering*. ASCE, New York, NY, United States, Capri, Italy, pp. 341–345.
- [21] DOUGHERTY M.S., COBBETT M.R. (1997), *Short-term inter-urban traffic forecasts using neural networks*. *Int. J. Forecast.* 13, 21–31. doi:10.1016/S0169-2070(96)00697-8.
- [22] SUN S., ZHANG C., YU G. (2006), *A Bayesian network approach to traffic flow forecasting*. *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.* 7, 124–132. doi:10.1109/TITS.2006.869623.
- [23] FUSCO G., COLOMBARONI C., ISAENKO N. (2016b), *Comparative analysis of implicit models for real-time short-term traffic predictions*. *IET Intell. Transp. Syst.* doi:10.1049/iet-its.2015.0136.
- [24] LV Y., DUAN Y., KANG W., LI Z., WANG F. (2015), *Traffic Flow Prediction with Big Data: A Deep Learning Approach*. *Intell. Transp. Syst.* IEEE Trans. 16, 865-873. doi:10.1109/TITS.2014.2345663.
- [25] SANGER T.D. (1989), *Optimal unsupervised learning in a single-layer linear feedforward neural network*. *Neural networks*, 2(6), pp. 459-473.
- [26] FUSCO G., COLOMBARONI C., ISAENKO, N. (2017), *Dynamic Traveler Information Systems*, in FUSCO G. (Ed.): *Intelligent Transport Systems (ITS): Past, Present and Future Directions*, Nova Science, New York.
- [27] FILIPPI F., FUSCO G., NANNI U. (2013), *User Empowerment and Advanced Public Transport Solutions*. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 87, pp. 3–17.
- [28] DALLA CHIARA B., DEFLORIO F. & CARBONI A. (2017), *Basic technologies for ITS and applications: the present and future of traffic and vehicle monitoring*, in FUSCO G. (Ed.): *'Intelligent Transport Systems (ITS): Past, Present and Future Directions'*, Nova Science, New York.
- [29] DE FELICE M., BAIOCCHI A., CUOMO F., FUSCO G., & COLOMBARONI C. (2014), *Traffic monitoring and incident detection through VANETs*. In 11th IEEE Annual Conference on Wireless On-demand Network Systems and Services (WONS), pp.122-129.
- [30] BAIOCCHI A., CUOMO F., DE FELICE M., & FUSCO G. (2015), *Vehicular ad-hoc networks sampling protocols for traffic monitoring and incident detection in Intelligent Transportation Systems*. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 56, 177-194.
-

RELE' SERIE FERROVIA

PER IMPIANTI FISSI E MATERIALE ROTABILE



OMOLOGATI RFI
RFI DPRIM STF IFS TE 143

FULLY COMPLIANCE
EN60077, EN50155,
EN61373, EN45545-2



NOVITA'
GUIDA FORZATA

COMPLIANCE
EN61810-3 Type A



- Sistemi di protezione, comando e controllo delle stazioni di conversione AC/DC
- Quadri di comando dei sezionatori di linea
- Supervisione di presenza tensione lungo linea
- Comando porte, sistemi di freno e di trazione
- Controllo pantografo e carico batterie
- Sistemi di controllo della marcia in sicurezza del veicolo (ERT-MS, SCMT, ATS, ecc.)

Tel. +39 039.245.75.45 | info@amra-chauvin-arnoux.it | www.amra-chauvin-arnoux.it

INSERZIONI PUBBLICITARIE SU "INGEGNERIA FERROVIARIA"

- Materiale richiesto:** CD con prova colore, file in formato TIFF o PDF con risoluzione 300 DPI salvati in quadricromia (CMYK)
c/o CIFI – Via G. Giolitti 48 – 00185 Roma
Indirizzo e-mail: redazionetp@cifi.it
- Misure pagine:** I di Copertina mm 195 x 170 (+ 3 mm di smarginato per ogni lato)
1 pagina interna mm 210 x 297 (+ 3 mm di smarginato per ogni lato)
1/2 pagina interna mm 180 x 120 (+ 3 mm di smarginato per ogni lato)
- Consegna materiale:** almeno 40 giorni prima dell'uscita del fascicolo
- Variatione e modifiche:** modifiche e correzioni agli avvisi in corso di lavorazione potranno essere effettuati se giungeranno scritte entro 35 giorni dalla pubblicazione

"FORNITORI DEI PRODOTTI E SERVIZI"

A richiesta è possibile l'inserimento nei "Fornitori di prodotti e servizi" pubblicato mensilmente nella rivista.

Per informazioni:

C.I.F.I. – Collegio Ingegneri Ferroviari Italiani – Via G. Giolitti, 48 – 00185 Roma
Sig.ra MANNA Tel. 06.47307819 – Fax 06.4742987 – E-mail: redazionetp@cifi.it

C.I.F.I. – Sezione di Milano – P.za Luigi Di Savoia, 1 – 20214 Milano
Tel. 339-1220777 – 02.63712002 – Fax 02.63712538 – E-mail: segreteria@cifimilano.it



La manutenzione predittiva ferroviaria ed il ruolo abilitante dell'“Internet of Things”

The railway predictive maintenance and the enabling role of the “Internet of Things”

Antonio LUGARÀ^(*)

Sommario - Nell'era dell'*Industrial Internet of Things* è in atto una mutua contaminazione tra l'ingegneria ferroviaria e l'*Information Technology*, richiedendo sempre più spesso l'utilizzo di conoscenze verticalmente integrate tendenti a superare i paradigmi dell'ingegneria classica. La disponibilità di nuove tecnologie e di ingenti quantitativi di dati sono alcuni tra i fattori abilitanti in grado di rivoluzionare le strategie manutentive nel ventunesimo secolo. Grazie allo sviluppo verticalmente integrato di sensori intelligenti e connessi, di capacità di calcolo a basso costo, e di soluzioni per *big data e analytics*, il trasporto ferroviario sta diventando più puntuale, più efficiente ed in grado di garantire standard di manutenibilità sempre più elevati. L'articolo intende fornire alcune linee guida per l'implementazione di una strategia di manutenzione predittiva in ambito ferroviario, enfatizzando elementi di ingegneria ferroviaria, aspetti inerenti l'*Information Technology* ed il *data mining*, e le implicazioni di business derivanti dall'applicazione di un innovativo *framework* manutentivo.

1. Introduzione

L'articolo consta di tre macro parti che affrontano la multidisciplinarietà della manutenzione predittiva ferroviaria fornendo una visione d'insieme.

Nella prima parte, dopo una breve introduzione sui concetti della manutenzione predittiva, la stessa viene contestualizzata nel settore ferroviario, identificando le problematiche che hanno spinto alla digitalizzazione della manutenzione, la genesi e le evoluzioni delle soluzioni applicate, descrivendo processi, e metodologie adoperate attraverso un'analisi dello stato dell'arte.

Successivamente, nella seconda parte, si enfatizza il ruolo dell'*Internet of Things* e delle tecnologie abilitanti la manutenzione predittiva ferroviaria; si propone, infatti, un flusso informativo volto a convertire i dati grezzi in informazioni utili sfruttando strumenti predittivi, e descrivendo

Summary - *Within the era of the Industrial Internet of Things (IIoT) there is a cross fertilization between railway engineering and Information Technology, which requires the utilization of vertically integrated knowledge overtaking the paradigms of the classical engineering. The availability of innovative technologies and huge amount of data are the key factors able to revolutionize maintenance in the 21st century. Thanks to the vertically integrated development of IP smart sensors, computational performances, Big Data and analytics frameworks, the rail transport is made more punctual, cost-efficient and safer. This paper provides a brief introduction to the predictive maintenance within the rail sector, emphasizing railway engineering elements, Information Technology and data mining aspects, and business implications obtainable through this innovative framework.*

1. Introduction

The article consists of three macro parts that tackle the multidisciplinary nature of railway predictive maintenance providing an overview.

In the first part, after a brief introduction on the concepts of predictive maintenance, the same is contextualized in the railway sector, identifying the problems that led to the digitization of maintenance, the genesis and evolution of applied solutions, describing processes, and methodologies used through an analysis of the state of the art.

Subsequently, in the second part, the role of the Internet of Things and of the technologies enabling the railway predictive maintenance is emphasized; in fact, it is proposed an information flow aimed at converting raw data into useful information using predictive tools, and describing the necessary IT infrastructures. An additional paragraph outlines the potential of the IoT Lumada framework, outlining some applications to the railway sector.

^(*) Hitachi Vantara, Assago (MI).

^(*) Hitachi Vantara, Assago (MI).

le infrastrutture IT necessarie. Un ulteriore paragrafo delinea le potenzialità della framework IoT *Lumada*, tratteggiando alcune applicazioni al settore ferroviario.

La terza parte dell'articolo, infine, descrive in che modo efficaci soluzioni di manutenzione predittiva, possano avere un impatto positivo sul business ferroviario e, allo stesso tempo, rivoluzionare gli approcci manutentivi.

2. Un'introduzione alla manutenzione predittiva

Al giorno d'oggi, con maggior frequenza rispetto al passato, le imprese ferroviarie dedicano sempre più attenzione ai propri processi operativi e a come ridurne i costi. Attualmente, infatti, esse operano in un contesto di *supply chain* globali, invecchiamento degli *apparati* e della forza lavoro, variabilità dei prezzi delle materie prime ed ulteriori vincoli burocratici.

Una grande opportunità per massimizzare efficienza ed efficacia è costituita dallo sviluppo e dall'applicazione di un sistema di Manutenzione Predittiva (MP) [1]. Questo nuovo paradigma è incentivato dalla disponibilità di grandi quantità di dati grazie ad *apparati* sempre più intelligenti ed interconnessi, dalla necessità di ottenere di più con minori risorse (ad esempio estendendo la vita utile degli *apparati*), dai costi ridotti dell'informatica inerenti alla capacità di calcolo, alle reti e alla memorizzazione dei dati, e, infine, dalla fusione tra *Information Technology* (IT) e *Operational Technology* (OT). La MP, intersecando IT e OT, può infatti fornire alle organizzazioni dettagli essenziali sui malfunzionamenti della componentistica e sulla qualità degli *apparati*, consentendo, così, ottimizzazioni di *apparati*, processi e risorse umane. La MP, quindi, potrebbe rappresentare l'applicazione risolutiva per essere all'avanguardia all'interno di un mercato globale e competitivo, contribuendo al raggiungimento di benefici sia operativi che relativi a strumenti e metodi. Tra quelli operativi si citano:

- ottimizzazione degli intervalli di manutenzione;
- riduzione sostanziale dei periodi di fermo macchina non pianificati;
- ottimizzazione delle tempistiche e delle modalità di approvvigionamento, riducendo i costi di magazzino agendo solo all'occorrenza.

Mentre rispetto a metodi e strumenti, si segnalano:

- identificazione delle cause dei guasti attraverso analisi *ad hoc*;
- perfezionamento degli strumenti e dei processi per la diagnosi;
- determinazione di procedure manutentive ottimali.

3. La manutenzione predittiva nel settore ferroviario

Una volta chiarite le potenzialità della MP, che ruolo potrebbero avere i *big data* e gli *analytics* nell'abilitare l'utilizzo di un sistema di MP nel settore ferroviario? Il cosiddetto

Finally, the third part of the article describes how effective predictive maintenance solutions can have a positive impact on the railway business and, at the same time, revolutionize maintenance approaches.

2. An introduction to the Predictive Maintenance

Nowadays, more frequently than ever, organizations are looking at their operations and how to reduce costs. They are experiencing global supply chains, aging assets, raw material price volatility, increased compliance and aging workforce. A big opportunity to achieve these results is constituted by the development and application of a Predictive Maintenance (PM) framework [1]. This new paradigm is pushed by the availability of large amounts of data thanks to more instrumented and connected assets, requirements to do more with less (e.g. stretching the useful life of an asset), reduced costs of computing, network and storage, convergence of Information Technology (IT) with Operational Technology (OT). The PM, intersecting IT and OT, helps to provide organizations with key insights regarding asset failure and product quality, enabling them to optimize their assets, processes, and employees. PM could represent the killer application to compete within a globalized and under pressure market place, contributing to reach benefits related to operative results and methodologies. Among the operative improvements there are:

- *optimize maintenance intervals;*
- *minimize unplanned downtime;*
- *predicting how much and when to order and make stock, reducing inventory costs.*

With respect to methodologies and tools, it is possible to achieve the following results:

- *uncover in-depth root cause analysis of failures;*
- *improvement of both equipment and process diagnostics capabilities;*
- *determination of optimal maintenance procedure.*

3. The predictive maintenance in the railway sector

Based on the potentialities of PM, which role could have Big Data and analytics to enable the application of PM frameworks within the railway sector? The Internet of Things (IoT), pushed by technological progress and cost reductions, is starting to influence the public transport. In fact, based on millions of data points captured from sensors on critical train components, analytics can detect impending part failures, ensuring maintenance is only performed when required, but before the fault. If it is possible to forecast which parts are likely to fail in the near future, this will lead to the possibility to achieve a value close to the 100% of availability, because the faults are fixed according to an efficient planning when units are out of service, avoiding breakdowns.

Industrial Internet of Things (internet delle cose a livello industriale), grazie anche al progresso tecnologico e alla riduzione dei costi, inizia ad avere un ruolo significativo nel settore del trasporto pubblico. Infatti, sulla base di milioni di dati rilevati dai sensori su componenti critici dei treni, l'analisi può identificare in anticipo prossime rotture di alcune parti, assicurando che la manutenzione venga effettuata solo quando necessario, ma sempre prima dell'effettivo guasto. Se fosse possibile prevedere quali parti andassero incontro a degrado delle prestazioni nel prossimo futuro, questo potrebbe portare alla possibilità di ottenere un grado di disponibilità dei treni tendente al 100%, perché i guasti sarebbero sempre riparati secondo un efficiente piano manutentivo quando i rotabili non sono in servizio, evitando così avarie in linea e/o indisponibilità dei mezzi.

All'aumentare della numerosità ed eterogeneità del parco rotabili, le aziende di trasporto ferroviario hanno dovuto fronteggiare, nel corso degli anni, le disfunzioni dovute ai limiti degli approcci tradizionali alla manutenzione. È emersa quindi una tendenza alla digitalizzazione dei processi al fine di affrontare problematiche ricorrenti; tra queste si citano [2]:

- gestione non ottimale delle scorte di magazzino (in termini di efficienza ed efficacia);
- mancanza di *governance* tra i vari interventi; mancanza di replicabilità degli interventi;
- mancanza di una strategia di raccolta dati condivisa, al fine di ottenere database normalizzati e statisticamente rappresentativi;
- mancanza di indicatori di performance (*Key Performance Indicators*, KPI) necessari a valutare in maniera univoca la qualità delle prestazioni eseguite;
- mancanza di tracciabilità dei componenti.

L'esigenza di implementare strategie *data-driven* ha iniziato a palesarsi nella seconda metà degli anni '90, quando i database relazionali erano già diffusi nel mercato dell'IT. SARNATARO [2] descrive i benefici ottenuti con l'applicazione di un software relazionale al sistema informativo della manutenzione, consentendo di trasformare i dati da semplici liste in informazioni significative ad indicatori della qualità del servizio prodotto. Si tratta di una delle prime implementazioni nel settore ferroviario di strumenti informatici avanzati (per quel tempo) per la costruzione di un software di supporto alle decisioni (DSS). Tale strumento, definito Sistema Informativo della Manutenzione (SIM), consentiva, in tempo reale, di verificare lo stato di funzionamento di ogni singolo impianto manutentivo, di conoscere lo stato di avanzamento di ogni singolo intervento, di costruire database con lo storico degli interventi realizzati in funzione della tipologia di intervento e dell'impianto, ed anche di ricavare dati statistici sulle varie tipologie di operazioni effettuate, al fine di identificare potenziali scostamenti di performance dai valori attesi e/o eventuali *outlier*. SIM, avendo dematerializzato la documentazione cartacea ed abilitato funzioni di *business intelligence*, può essere considerato uno strumento precursore della manutenzione predittiva.

As the number and heterogeneity of the rolling stock increased, railway transport companies had to face, over the years, the dysfunctions due to the limitations of traditional approaches to maintenance. Therefore, a trend towards the digitalization of processes has emerged in order to tackle recurrent problems; among these are cited [2]:

- *non-optimal management of inventories (in terms of efficiency and effectiveness);*
- *lack of governance among the various interventions; lack of replicability of the interventions;*
- *lack of a shared data collection strategy, in order to obtain standardized and statistically representative databases;*
- *lack of Key Performance Indicators necessary to unambiguously evaluate the quality of the services performed;*
- *lack of traceability of the components.*

The need to implement data-driven strategies began to emerge in the second half of the 1990s, when relational databases were already widespread in the IT market. SARNATARO [2] describes the benefits obtained with the application of a relational software to the maintenance information system, enabling the possibility to transform data from simple lists into meaningful information and indicators of the quality of the produced services. It is one of the first implementations in the railway sector of advanced IT tools (for that time) for the construction of decision support software (DSS). This tool, called Maintenance Information System (MIS), allowed, in real time, to check the operating status of each individual maintenance plant, to know the progress of each individual intervention, to build databases with the history of the interventions carried out according to the type of intervention and the plant, and also to obtain statistical data on the various types of operations carried out, in order to identify potential performance deviations from expected values and/or possible outliers. MIS dematerialized the paper documentation and enabled business intelligence functions, so it can be considered a precursor tool for predictive maintenance.

In recent years the railway industry, thanks to the availability of new computational technologies and wireless communication systems, has added a further step to the digitization of railway maintenance by introducing the concept of "tele-diagnostics", i.e. the ability to store and display data inherent to anomalies and failures not only on board the train, but also sending them, almost in real time, to a control room able to monitor the fleets in operation. These systems are the watershed between the classic diagnostic systems - of the spy type - and the most modern systems of prognostics [3], helping to build a set of useful information related to anomalies, also dividing, for each subsystem, the potential triggering causes, and any additional consequences.

Negli ultimi anni l'industria ferroviaria, grazie alla disponibilità di nuove tecnologie computazionali e di comunicazione senza fili, ha aggiunto un ulteriore tassello alla digitalizzazione della manutenzione ferroviaria introducendo il concetto di "tele-diagnostica", ovvero la possibilità di memorizzare e visualizzare i dati inerenti alle anomalie ai guasti non solo a bordo treno, ma anche inviadoli, quasi in tempo reale, ad una *control room* in grado di monitorare le flotte in esercizio. Questi sistemi *si pongono come spartiacque tra i più classici sistemi di diagnostica – del tipo a spie luminose – e i più moderni sistemi di prognostica* [3], contribuendo a costruire un insieme di informazioni utili inerenti alle anomalie, suddividendo inoltre, per ogni sottosistema, le potenziali cause scatenanti, e le eventuali ulteriori conseguenze.

L'architettura di un apparato di tele-diagnostica consta, di norma, di due sottosistemi:

- sottosistema di bordo: contiene un elaboratore *ad hoc* che, da un lato si interfaccia con il *Train Control & Management System* (TCMS) per raccogliere i dati su un database locale ed analizzarli, dall'altro cura il trasferimento di segnali, contatori, ed eventi verso il sistema di terra. Un ruolo fondamentale è ricoperto dalla logica di veicolo che rappresenta la modellizzazione del rotabile in termini di sottosistemi, LRU, *failure modes*, eventi, segnali, contatori, etc. e relative relazioni. Il sottosistema di bordo, in funzione delle regole diagnostiche implementate e della configurazione della logica di veicolo, invierà dati diagnostici verso terra attraverso due distinti canali di comunicazione:
 - comunicazione in *near real time* (quasi in tempo reale): variabili inerenti al funzionamento di specifici apparati vengono costantemente inviati a terra attraverso protocolli *ad hoc* (per esempio XMPP), consentendo di monitorare le flotte in esercizio;
 - comunicazione "batch": tutti i segnali raccolti in funzione dei vari eventi, vengono conservati e spediti ad intervalli regolari utilizzando appositi protocolli per il trasferimento di file di grosse dimensioni (per esempio FTP, *file transfer protocol*).

Entrambi i canali sfruttano una rete VPN (*Virtual Private Network*, rete privata virtuale) adottando protocolli che provvedano a cifrare il traffico transitante sulla rete virtuale preservando l'integrità dei dati trasmessi.

- Sottosistema di terra: è costituito da una soluzione IT convergente (cioè integrante uno strato computazionale, un database relazionale per la memorizzazione dei dati, spazio disco, e connettività), ridondata, ed utilizzabile anche in *cloud*. Tale soluzione, comunicando con il sottosistema di bordo, riceve e immagazzina i dati provenienti dai rotabili in linea, consente l'accesso ai vari portatori di interesse attraverso delle interfacce web sicure, invia avvisi di manutenzione ed abilita tutte le fasi di analisi ed elaborazione dei segnali al fine di identificare guasti incipienti, consentendo anche la calibrazione e validazione di algoritmi diagnostici.

The architecture of a tele-diagnostic apparatus usually consists of two subsystems:

- *on-board subsystem: it contains an ad hoc server that, on one side interfaces with the Train Control & Management System (TCMS) to collect data on a local database and analyze them, on the other hand, it takes care of the transfer of signals, counters, and events towards the on-ground subsystem. A fundamental role is played by the vehicle logic that represents the modeling of the rolling stock in terms of subsystems, LRUs, failure modes, events, signals, counters, etc. and related interrelations. The on-board subsystem, according to the diagnostic rules implemented and the configuration of the vehicle logic, will send diagnostic data to the ground through two different communication channels:*

- *communication in near real time: variables related to the operation of specific equipment are constantly sent to the ground through ad hoc protocols (for example XMPP), allowing monitoring of the fleets in operation;*
- *"batch" communication: all the signals collected according to the various events are stored and sent at regular intervals using special protocols for the transfer of large files (for example FTP, file transfer protocol).*

Both channels exploit a VPN (Virtual Private Network) using protocols that encrypt the traffic passing through the virtual network while preserving the integrity of the transmitted data;

- *On-ground subsystem: consists of a convergent IT solution (i.e. integrating a computational layer, a relational database for data storage, disk space, and connectivity), redundant, and usable even in the cloud. This solution, communicating with the on-board subsystem, receives and stores the data coming from the rolling stock within the line, allows access to the various stakeholders through secure web interfaces, sends maintenance warnings and enables all phases of analysis and processing of the signals in order to identify incipient failures, also allowing the calibration and validation of diagnostic algorithms.*

A few years after the first implementations of the tele-diagnostics on rolling stock, several concrete improvements were identified in the areas of maintenance, monitoring and assistance to the railway operation and engineering activities aimed at data collection and continuous improvement of rolling stock [4].

The railway operators and the producers are working together to create the conditions for the potential constant functioning of the rolling stock throughout their useful life thanks to maintenance actions based on the effective degradation of the train components according to their use.

A distanza di alcuni anni dalle prime implementazioni della tele-diagnostica sui rotabili, sono stati identificati diversi miglioramenti concreti ottenuti *negli ambiti di manutenzione, di monitoraggio e assistenza all'esercizio e nelle attività di ingegneria rivolte alla raccolta dati e al miglioramento continuo dei rotabili* [4].

Gli operatori ferroviari ed i produttori stanno lavorando sinergicamente per creare le condizioni affinché il funzionamento potenziale del parco rotabili sia costante durante tutta la vita utile degli stessi grazie ad azioni manutentive basate sull'effettivo degrado dei componenti del treno in funzione dell'utilizzo. Attualmente, a causa dei tagli al budget, e quindi alla riduzione delle scorte di magazzino e dei rotabili di riserva, gli operatori del settore richiedono una disponibilità superiore al 99% all'industria ferroviaria al fine di evitare guasti che possano comportare costi diretti (ad esempio manutenzioni correttive) e indiretti (richieste di rimborsi da parte dell'utenza, danni di immagine, ecc.).

Per ottenere tali risultati, combinando le necessità attuali e future del sistema ferroviario, pertanto, è necessario passare da un approccio di diagnosi basato in larga parte sull'esperienza acquisita sul campo da manutentori e tecnici, ad un nuovo paradigma incentrato sulla tracciabilità e replicabilità dei risultati e sulla possibilità di documentare e trasferire la conoscenza, minimizzando gli inevitabili errori umani e standardizzando metodi e procedure.

Tuttavia, al giorno d'oggi la strategia manutentiva più comune è quella preventiva, nonostante questo riduca la vita utile dei componenti perché sostituiti anticipatamente in base alla pianificazione del produttore, alle tempistiche, al chilometraggio e alle osservazioni basate sull'esperienza.

Tutte queste problematiche hanno condotto le strategie di manutenzione verso la ricerca di un approccio volto a prevenire il guasto al fine di attuare le necessarie azioni manutentive con tempistiche tali da massimizzare l'utilizzo dell'apparato, pur non compromettendone la funzionalità. Infatti, effettuare valutazioni e misurazioni dirette sulle reali condizioni delle parti in esercizio e sull'effettivo utilizzo (manutenzione basata su condizione sfruttando la tele-diagnostica) può aumentare le performance e ridurre i costi. Il traguardo successivo e ancora più efficace è costruire *framework* di manutenzione predittiva cercando di prevedere il momento in cui possa avvenire il guasto e, quindi, adattare gli interventi di manutenzione necessari di conseguenza. I recenti progressi in IT e nello sviluppo della sensoristica intelligente hanno condotto alla costante raccolta di dati da molteplici sistemi e sottosistemi nei treni, rendendo così possibile il monitoraggio delle condizioni meccaniche ed elettriche, dell'efficienza operativa e di molti altri indicatori di *performance*. Queste nuove capacità consentono non solo la pianificazione delle attività di manutenzione con il massimo intervallo tra le riparazioni, ma anche la riduzione del numero delle interruzioni del servizio causate da guasti ai rotabili. In questo modo saranno ridotti, quindi, i costi della manutenzione del treno, ma anche la perdita di ricavi dovuta all'impossibilità di effettuare i servizi passeggeri (o

Due to budget cuts and consequently inventories and spare trains reduction, operators demand availability higher than 99% from the rail industry, in order to avoid downtimes that lead to both direct costs (e.g. corrective maintenance) and indirect costs (e.g. compensations claims).

In order to achieve these results, matching the needs of current and future railway systems, it is fundamental to switch from diagnostic tasks performed under supervision of human long-term experience, to a new paradigm that can guarantee repeatability of results, possibility to record and transfer knowledge, avoiding the human errors that could always happen, standardizing methods and procedures.

Nowadays, the most common solution is the planned maintenance, even though it reduces the useful life of components, due to early replacement, and often implies unnecessary maintenance activities, as these are scheduled in advance according to manufacturers' schedules, time frames, mileage, and operational observations. All these issues pushed the maintenance strategies toward a revolutionary approach, aimed at preventing the fault from occurring by activating suitable measures in advance. Performing direct measurements and estimation about the real conditions of parts in function of the effective rate of usage (condition-based maintenance through tele-diagnostic systems) can increase the performance and reduce the costs. The successive and more effective achievement is to build a predictive maintenance framework, trying to estimate the time when a fault is likely to occur and adapt maintenance interventions accordingly. Recent advancements in smart sensors and IT have led to continuous data collection from various systems and subsystems in trains, enabling monitoring of mechanical and electrical conditions, operational efficiency and multiple other performance indicators. These new capabilities enable planning of maintenance activities with the maximum interval between repairs, while minimizing the number and the costs of unscheduled outages created by system failures. In this way will be minimized not just the maintenance costs of the train, but also the loss of revenues due to the impossibility to utilize it to run passengers (or freight) services.

Therefore, a predictive approach to maintenance, in addition to guaranteeing operational and economic benefits in relation to rolling stock already in operation, can also have implications on design. In fact, to minimize the downtimes due to the usually more frequent checks, the system should be equipped with a series of accesses necessary for determining the level of efficiency of the components [3]. For this reason, constructing a valid predictive maintenance strategy allows identifying recurring faults, potential variables useful for their tracking (but today not subject to measurement due to lack of specific sensors), thus providing improving feedbacks to the product engineering team that can utilize in future projects, thus activating a virtuous circle between after-sales services (maintenance & value-added services) and production.

merci). Un approccio predittivo alla manutenzione, quindi, oltre a garantire benefici operativi ed economici relativamente ai rotabili già in esercizio, può avere implicazioni anche sulla progettazione. Infatti, per ridurre al minimo i tempi passivi dovuti ai controlli solitamente più frequenti, è opportuno che il sistema sia dotato di una serie di accessi necessari alla determinazione dello stato di efficienza dei componenti [3]. Per questo, costruire una valida strategia di manutenzione predittiva consente di identificare guasti ricorrenti, potenziali grandezze utili alla loro tracciatura (ma ad oggi non oggetto di misurazione per mancanza di specifica sensoristica), fornendo così *feedback* migliorativi all'ingegneria di prodotto che potrà implementarli nei progetti futuri, attivando quindi un circolo virtuoso tra servizi post vendita (*maintenance & services*) e produzione.

La manutenzione predittiva ferroviaria (MPF) può essere applicata utilizzando due approcci differenti:

- *Knowledge-based*: si basa sia sulle conoscenze acquisite da progettisti e manutentori nell'esercizio delle loro rispettive funzioni, sia sull'utilizzo di analisi FMECA (*Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis* - analisi dei modi, degli effetti e della criticità dei guasti) e RAMS (*Reliability, Availability, Maintainability and Safety* - analisi di affidabilità, disponibilità, manutenibilità e sicurezza). Grazie a tali studi e alle esperienze pregresse acquisite, è possibile identificare a priori i comportamenti dei sottosistemi del treno (e delle relative variabili significative) a fronte di guasti incipienti. Effettuando i campionamenti dei valori con frequenze opportune, note a priori le soglie di malfunzionamento, vengono inviati degli allarmi quando i valori soglia sono superati.
- *Data-driven*: grazie alla diffusione della digitalizzazione degli apparati, l'ingegneria di manutenzione dispone di una mole crescente di dati eterogenei e multi sorgente. Sempre più spesso, tuttavia, tali dati risiedono su database distinti, creando dei veri e propri "silos" che li rendono poco fruibili ai fini delle analisi comparative. Per superare tale problematica, sempre più spesso si ricorre all'utilizzo di *file system* distribuiti e piattaforme *big data*, creando così *data lake* eterogenei e statisticamente rappresentativi contenenti dati strutturati, semi-strutturati e non strutturati, analizzabili nella loro interezza attraverso un approccio olistico, mediante tecniche di intelligenza artificiale, *machine learning*, e metodi predittivi. Si sono create dunque le condizioni per identificare delle relazioni tra dati apparentemente indipendenti e disgiunti, estraendo modelli causali e schemi ricorrenti precedentemente sconosciuti, e utilizzabili adesso per predire malfunzionamenti e cali di prestazioni.

Al fine di costruire un efficace sistema di MPF è fondamentale tenere in considerazione quattro passaggi distinti:

1) effettuare previsioni e valutarne l'efficacia: questa fase è fondamentale al fine di effettuare un'adeguata selezione dei sottosistemi del treno che devono essere presi in

The railway predictive maintenance (RPM) can be performed following two different approaches:

- *knowledge-based*: it considers competencies and know-how acquired by designers and maintainers, and it utilizes also Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis (FMECA) and analysis of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS). Thanks to those analyses and to the previous experiences acquired, it is possible to identify a priori the train's abnormal behaviors described by known thresholds of its relevant variables. Those data are sampled per specific frequencies and compared with the thresholds; once the detected values overcome the expected ones, alarms and triggers are sent to the appropriate stakeholders.
- *Data-driven*: thanks to the diffusion of assets' digitalization, the maintenance engineering has an increasing volume of multi-source and heterogeneous data. Often, however, those data are collected in different DBs, creating silos that does not allow easy comparative analyses. To solve this problem, it is possible to utilize distributed file systems and big data platforms that allow the creation of heterogeneous and statistically representative data lakes containing structured, semi structured, and unstructured data, analyzable in their entirety through a holistic approach, applying artificial intelligence techniques, machine learning, and predictive analytics. It has been created the conditions to identify the relationships between apparently independent data, extracting insights, devices' behavioral patterns and dependencies previously unknown and now usable to predict abnormal behaviors and reduces performances.

To build an effective Railway Predictive Maintenance (RPM) is fundamental to take into account four different steps:

1) *Predictions possibilities and related effectiveness*: it is fundamental to perform an effective selection of the train's subsystems that have to be considered within the RPM solution. It is crucial to define a narrow scope, selecting those critical events that leave enough digital footprints required to build a consistent predictive model. Trying to predict "everything" could lead to misleading results and wasting of resources. Firstly, it is important to identify what is possible to predict (which subsystem) and with which likelihood. In order to do that, it is required a mapping process of the available systems to achieve not only the graphs of the areas in which are expected events whose frequency of occurrence is high, and the respective consequences are impacting, but also additional graphs representing the period in which the predictions are more effective over the useful life of the subsystems (figure 1). The goal to achieve is to identify the prediction feasibility of the most critical subsystems of the train, paying attention that often such systems have the risk of leaving little data to build any consistent model. So, the prediction possibility and viability zone is determined by the frequency of occurrence of the damage and its criticality level. However, an-

considerazione all'interno della soluzione di MPF. Cercare di prevedere "tutto", infatti, potrebbe portare a risultati fuorvianti con un conseguente spreco di risorse. In primo luogo, quindi, è importante identificare cosa possa essere previsto (quali sottosistemi del treno) e con quale probabilità. A tal fine è necessario un processo di mappatura dei sistemi disponibili per realizzare non solo i grafici delle zone in cui le previsioni identifichino eventi la cui frequenza di accadimento sia elevata e le rispettive conseguenze siano impattanti, ma anche ulteriori grafici che rappresentino il periodo in cui le predizioni risultino più efficaci nell'arco della vita utile dei sottosistemi (figura 1). L'obiettivo è quello di riuscire a identificare la probabilità di previsione nei sottosistemi più critici del treno, facendo attenzione che questi forniscano abbastanza informazioni per costruire un modello consistente. Pertanto, la scelta degli apparati su cui effettuare le analisi predittive è funzione della frequenza con cui si riscontra il malfunzionamento e del rispettivo livello di criticità. Un altro aspetto da prendere in considerazione, tuttavia, è la corretta identificazione dell'intervallo di tempo in cui la previsione possa essere più efficace dal punto di vista della manutenzione. All'interno della figura 1 è riportata la distribuzione del tasso di fallimento dei sistemi elettrici e meccanici. Se ne deduce che, al fine di ottenere un ROI (ritorno dell'investimento) consistente, ed un periodo di *Payback* sostenibile, i sistemi di recente ingegnerizzazione e quelli a fine vita utile risultano i più adatti ad essere investigati per sviluppare una soluzione di MPF. Infatti, è fondamentale concentrare gli sforzi su quelle aree che potenzialmente possono offrire ampi margini di miglioramento in breve tempo, così da ripagare l'investimento effettuato, rendendo il progetto di MPF oltre che efficace ingegneristicamente, anche sostenibile finanziariamente. Al giorno d'oggi le organizzazioni effettuano anche analisi di *capital budgeting* per identificare quali progetti siano più remunerativi.

Queste attività di pre-dimensionamento aiutano ad assicurare risultati realistici prima ancora di allocare risorse per lo sviluppo delle attività (identificazione dei dati necessari, costruzione degli algoritmi, ecc.);

2) estrapolare i dati realmente necessari: per costruire insiemi di dati efficaci contenenti informazioni utili a realizzare previsioni, ci sono due fattori principali da tenere in considerazione: le variabili potenzialmente valutabili e le tecniche di misurazione.

Di seguito è riportato un elenco, a titolo esemplificativo ma non esaustivo, dei potenziali componenti da monitorare:

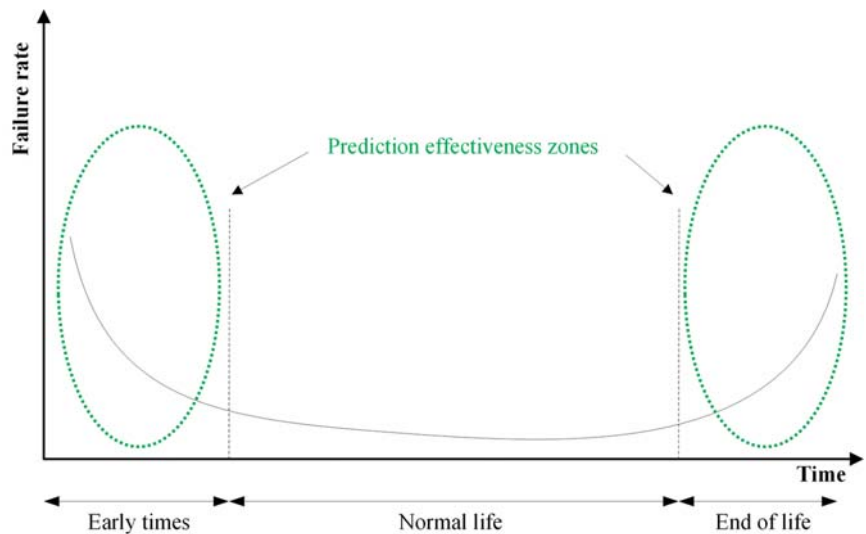


Fig. 1 - Valutazione delle zone di efficacia di predizione: tasso di malfunzionamento funzione della vita utile.

Fig. 1 - Evaluation of prediction effectiveness areas: malfunction rate function of useful life.

other aspect to be taken into account is to identify in which time interval the prediction is more effective from a maintenance point of view. Within figure 1 is reported the distribution of the failure rate of mechanical and electrical systems; it typically follows a bathtub curve. According to that, in order to achieve a considerable Return On Investment (ROI), both infant and end-of-life systems appear more appropriate for deploying RPM solutions. In fact, it is essential to concentrate efforts on those areas that can potentially offer ample room for improvement in a short time, so as to repay the investment made, making the MPF project as well as engineeringly efficient, even financially sustainable. Nowadays, organizations also perform capital budgeting analyzes to identify which projects are more profitable.

This approach helps to ensure the outcomes are realistic before deploying resources to the development of activities (identifying the required data sets, building algorithms, and so forth).

2) Extract the right data: to build effective data bases with meaningful information useful to achieve predictions, there are two main factors to deal with: all the variables potentially assessable and the measurement techniques. Below is reported a list, intended to be illustrative and not limiting, of potential functions and components to be monitored:

- axles;
- bogies;
- brakes;
- door systems;

- assili;
- carrelli;
- freni;
- sistemi di apertura/chiusura porte;
- filtri;
- rilevamento ruote usurate;
- correnti e voltaggi dannosi;
- pantografi;
- parti rotanti;
- pressioni dell'aria e dell'acqua;
- cuscinetti e boccole.

Esistono diverse tecniche di misurazione che possono essere applicate al fine di raccogliere i valori digitali delle variabili precedentemente discusse. Le più diffuse sono:

- *misurazione della velocità di rotazione*: uno stroboscopio o un contatore elettrico potrebbero ottenere questo risultato in modo efficace. Sensori in grado di rilevare la forza per unità di massa (accelerometri), applicati ai sistemi di trasmissione, potrebbero essere altrettanto funzionali [1];
- *misurazione delle temperature*: un aumento degli sfregamenti e delle frizioni comporta un aumento della temperatura dell'apparato monitorato. Termistori, o altri rilevatori di temperatura, possono individuare le suddette variazioni. Inoltre, un'altra tecnica semplice ed economica per la misurazione della temperatura consiste nella verniciatura della parte con vernici sensibili al calore: così facendo la parte cambierà colore al superamento del normale livello di temperatura. Svartati autori hanno già fornito il loro contributo sulla misurazione della temperatura nei sistemi ferroviari: GRUDÉN *et al.* [5] valutarono le temperature dei carrelli attraverso tre sensori, più un quarto per tenere in considerazione le condizioni al contorno evitando valori falsi positivi o falsi negativi dovuti alla temperatura dell'aria. KIM *et al.* [6], diversamente, montarono alcuni sensori infrarosso sulla superficie dei carrelli dei treni al fine di identificarne il surriscaldamento di cuscinetti e boccole.
- *misurazione delle vibrazioni e degli ultrasuoni*: la vibrazione, di per sé, è probabilmente uno dei parametri più efficacemente monitorabili. Il metodo *shock pulse*, *envelop signal processing* e le emissioni acustiche sono soltanto alcune delle diverse metodologie di misurazione delle vibrazioni. Inoltre, svariate sollecitazioni subite dai vagoni possono essere analizzate attraverso l'utilizzo di accelerometri, in base a dove questi si trovino posizionati lungo il treno. Si riscontra in letteratura che NEJIKOVSKY e KELLER [7] monitorarono il movimento del corpo del vagone ferroviario montando accelerometri sulle carrozze di treni con assetto variabile; WOLF *et al.* [8], li installarono nei bordi delle carrozze ferroviarie, e GAO *et al.* [9] implementarono accelerometri sul pavimento delle locomotive e sul telaio delle carrozze.

- *filters*;
- *flat wheel detection*;
- *harmful currents/voltages*;
- *pantograph*;
- *rotating parts*;
- *water and air pressure*;
- *wheel bearings*.

There are different measurements techniques that can be applied to collect digital values of the variables discussed before. The most common techniques are:

- *measurement of speed rotation: a stroboscope or electrical counters could be effective to achieve this result. Fixed to the machine shaft, sensors able to assess the torque per unit of mass (accelerometers) could perform the same objective [1];*
- *measurement of temperature: an increased friction will lead to an increase of temperature of the monitored asset. Thermistors or other temperature sensors can detect these variations. Moreover, an additional simple and cheap technique of measuring temperature is to varnish some heat sensitive paints to an asset; in this way the color of the paints shifts when the temperature exceeds the normal level. Several authors already provided contributions about the measurement of temperatures: GRUDÉN *et al.* [5] assessed the bogie temperatures through three sensors, plus an additional one that takes into account the air temperature in order to consider even the border conditions to avoid both false positive and negative values; KIM *et al.* [6], on the other hand, mounted on the train's bogies few surface acoustic wave sensors in order to identify overheated wheel bearings;*
- *measurements of vibrations and ultrasounds: vibration alone is probably one of the most effective parameters to monitor. Shock pulse measurement, envelope technique, acoustic emissions are just few different techniques to measure vibrations. Moreover, several stresses of the wagon can be analyzed through the utilization of accelerometers, in function of where these are installed along the train. In literature, NEJIKOVSKY and KELLER [7] monitored the rail wagon body motions by mounting the accelerometers on the body of carriages of tilting trains; WOLF *et al.* [8] installed those at the edge of rail carriages, and GAO *et al.* [9] implemented accelerators both on the floor of locomotive and to the chassis of carriages. Nevertheless, even the bogies can be object of vibrations measurement: ELIA *et al.* [10], for instance, mounted accelerometers on the bogies and on axles boxes to measure even the lateral acceleration. As well as for vibration monitoring, ultrasounds also analyze acoustics. The only differences between the two methods concern the range of frequencies monitored. In fact, vibrational analysis monitor frequencies between 1 Hz and 30 kHz, while ultra-*

Inoltre, anche i carrelli possono essere oggetto della rilevazione delle vibrazioni: ELIA *et al.* [10], ad esempio, montarono accelerometri sui carrelli e sulle boccole per misurarne l'accelerazione trasversale. Così come per il monitoraggio delle vibrazioni, anche gli ultrasuoni analizzano l'acustica. Le uniche differenze tra i due metodi riguardano il range delle frequenze monitorate. Infatti, le analisi vibrazionali monitorano frequenze tra 1Hz e 30kHz, mentre gli ultrasuoni tutte le frequenze superiori ai 30kHz. Tali alte frequenze consentono di identificare fessurazioni ed orifizi che possono crearsi e che, quando vengono attraversati da aria o gas, emettono dei rumori tracciabili dagli ultrasuoni [1]. Infatti, a fronte delle sollecitazioni a cui sono sottoposti i rotabili in esercizio, grazie al monitoraggio dell'emissione acustica è possibile tenere sotto controllo l'evoluzione di specifiche anomalie. Grazie ad apparati *ad hoc* posti a lato binario e muniti di microfoni, è possibile registrare i suoni prodotti dai convogli in transito ed analizzarne gli spettri acustici al fine di identificare la tipologia e la severità del guasto. Per esempio, la soluzione Rail-BAM™ implementata nel *West Sussex*, effettua il monitoraggio dei cuscinetti analizzando la frequenza del rumore originatosi al passaggio dei rotabili [3].

- *misurazione delle tensioni sugli assili*: al fine di rilevare la tensione che subisce l'assile è importante quantificare il carico cui lo stesso risulta soggetto, la curvatura del tragitto, la presenza di forze di massa molto frequenti, la massa frenata, l'alterazione nel profilo delle ruote e altre irregolarità puntuali. I valori richiesti vengono raccolti attraverso l'utilizzo di estensimetri ad ultrasuoni, sensori ottici ed elettromagnetici [11].

I guasti meccanici, se non riparati rapidamente, degradano al trascorrere del tempo e dell'utilizzo dell'apparato, a un ritmo direttamente proporzionale alla loro severità. Per questa ragione, se il problema venisse individuato in anticipo, si potrebbero evitare operazioni di riparazione particolarmente onerose in termini realizzativi ed economici.

Tutti i rilevatori impiegati in questi processi di misurazione possono essere integrati attraverso la comunicazione senza fili, realizzando una rete di nodi intelligenti distribuiti. Un nodo non rappresenta solo il singolo rilevatore, ma anche la sua alimentazione elettrica, il microcontrollore e il trasmettitore dati che permette allo strumento di utilizzare il protocollo TCP/IP e quindi di dialogare tramite internet.

Al fine di evitare la misurazione di dati identici e replicati poiché raccolti da differenti rilevatori, ottenendo così un campione fuorviante, i nodi devono essere ubicati con criterio sui sottosistemi del treno oggetto di analisi, evitando la ridondanza delle letture da sensori distinti, oppure, ove necessario, utilizzando più sensori al fine di aumentare la coerenza e veridicità delle informazioni estratte. Inoltre, a causa dei segnali radio utilizzati dai sensori, nel caso in cui due treni dovessero trovarsi a breve distanza in linea o in stazione, è fondamentale utilizzare degli identificatori per collegare ogni sensore al proprio treno, evitando così che le informazioni del treno X vengano ri-

sounds all frequencies above 30 kHz. Such high frequencies allow identifying cracks and orifices that can be created and that, when they are crossed by air or gas, emit sounds traceable by ultrasounds [1]. In fact, considering the stresses to which the rolling stocks are subjected during operation, thanks to the monitoring of the acoustic emissions, it is possible to track the evolution of specific anomalies. Thanks to ad hoc equipment placed on the side of the track and equipped with microphones, it is possible to record the sounds produced by the trains in transit and to analyze their acoustic spectra in order to identify the type and severity of the fault. For example, the Rail-BAM™ solution implemented in West Sussex monitors the bearings by analyzing the frequency of noise originating in the passage of rolling stock [3].

- *measurement of axles stress*: to measure the stress that will affect the axles, it is important to measure axle load, curvature of route, high frequency dynamic forces, braking loads, changes in wheel profile and discrete irregularities (e.g.: wheel flats). The required attributes are collected using ultrasonic strain gauges, optical and electromagnetic sensors [11].

Normal mechanics failure modes degrade at a speed directly proportional to their severity. For this reason, if the problem is detected early, major repairs can usually be prevented.

All the sensors involved in these measurement processes can be federated through wireless communications achieving networks of spatial distributed smart nodes. A node represents not only the single sensor, but also includes the power supply, the microcontroller and the IP data transmitter that allows the device to use the TCP/IP protocol. To avoid replication of measurements from different sensors that will lead to misleading mensuration, the nodes need to be suitably located along the train's subsystems, avoiding the redundancy of the readings from separate sensors, or, where necessary, using multiple sensors to increase the consistency and veracity of the extracted information. Furthermore, due to the radio communications range of the sensors, if two trains are close within the line or at the station, it is fundamental to use identifiers to connect each sensor with its own train, avoiding that Train X's data will be collected by Train Y's network. The utilization of Internet Protocol allows the possibility to scale out the infrastructure adding further nodes and to extend the cover range thanks to different wireless technologies derived even by other domains [12].

3) Let the rail expertise influence the data analytics: achieving a successful RPM solution is a team game where the railway domain expert plays the leading role. It is always the domain expert who guides the data scientist in building the right algorithm that will be deployed through the right IT infrastructure. A diagnostic algorithm is a systematic method of calculation formed by two entities, logic and argument. The part of the logic defines the condi-

cevute dal sistema del treno Y. Grazie all'utilizzo dell'*Internet Protocol* è possibile espandere gli apparati di monitoraggio aggiungendo ulteriori nodi ed estendendo il campo di copertura grazie alle differenti tecnologie senza fili derivanti da diversi domini [12].

3) Permettere alla conoscenza ferroviaria di guidare l'analisi dei dati: la realizzazione di una efficace soluzione di MPF è un gioco di squadra in cui l'esperto del sistema ferroviario riveste un ruolo essenziale. È la conoscenza di dominio, infatti, a guidare i *data scientist* nella costruzione degli algoritmi corretti che verranno poi implementati sull'infrastruttura IT. Un algoritmo diagnostico è un procedimento sistematico di calcolo formato da due entità, logica e argomento. *La parte di logica definisce le condizioni, i controlli e le azioni da compiere al fine di verificare la presenza del guasto (anomalia) mentre la parte di argomento definisce quali siano le variabili su cui verificare le suddette condizioni, controlli e azioni* [4]. Il successo di una soluzione di MPF consiste quindi nella scelta oculata dei sistemi del treno da analizzare, nella costruzione di un opportuno ecosistema di dati, e nella giusta combinazione di esperti in campo ferroviario e *data scientist*, prediligendo figure ibride con competenze IT e ferroviarie. Risulta fondamentale creare le condizioni per l'individuazione della progressione temporale del guasto, ovvero modellizzare *come la degradazione progressivamente si propaghi e conduca al guasto* [3]. Al fine di ottenere tali risultati, è necessario identificare delle relazioni matematiche in grado di descrivere i fenomeni oggetto di studio prevedendone le evoluzioni al trascorrere del tempo e dell'esercizio. A tal proposito vengono costruiti specifici algoritmi *aventi lo scopo di individuare la LRU sede di guasto o malfunzionamento e, conseguentemente fornire al personale di manutenzione indicazioni precise e chiare circa l'intervento da eseguire attraverso l'emissione di avvisi di manutenzione* [13]. Il processo che conduce alla costruzione di tali algoritmi può essere suddiviso in tre fasi distinte [13]:

- fase di apprendimento: si analizzano le serie storiche disponibili al fine di identificare regole generali e schemi ricorrenti. Questa fase viene espletata da un team eterogeneo formato da esperti RAMS, sistemisti di veicolo, e manutentori.
- fase di formalizzazione: vengono create regole note e precise al fine di codificare la conoscenza dei diversi modi di guasto, *in un formalismo chiaro, esplicito, ed eseguibile*.
- fase di esecuzione: i modelli costruiti e calibrati durante le precedenti fasi vengono validati tramite applicazione alle serie storiche al fine di saggiare la reale efficacia predittiva valutando, se necessario, un ulteriore *fine tuning*. Una volta terminato con successo il processo di validazione, l'algoritmo viene implementato nel sistema di diagnostica.

CORFIATI *et al.* [3] propongono la suddivisione degli algoritmi prognostici in tre diverse categorie:

- a. Algoritmi basati su un modello del sistema: questa metodologia utilizza un modello dinamico capace

di definire le condizioni e le azioni da essere eseguite in ordine di verificare la presenza del guasto (anomalia) mentre la parte del soggetto definisce quali sono le variabili dove applicare le condizioni, controlli e azioni [4]. *The success of a RPM solution consists in the careful selection of the train systems to be analyzed, in the construction of an appropriate data ecosystem, and in the right combination of experts in the railway field and data scientists, preferring hybrid figures with IT and railway skills. It is essential to create the conditions for identifying the evolution of the fault in function of time, or to model how the degradation progressively propagates and leads to failure* [3]. *In order to obtain such results, it is necessary to identify mathematical relations able to describe the phenomena under study, foreseeing their evolutions in function of time and operation. Consequently, specific algorithms are constructed to identify the malfunctioning LRUs, providing to the maintenance personnel precise and clear indications about the interventions to perform by issuing maintenance warnings* [13]. *The process leading to the construction of these algorithms can be divided into three distinct phases* [13]:

- *learning phase: the available time series are analyzed to identify general rules and recurring patterns. A heterogeneous team made up of RAMS experts, vehicle systems engineers and maintenance technicians carries out this phase;*
- *formalization phase: known and precise rules are created to codify the knowledge of the different failure modes, in a clear, explicit, and executable formalism;*
- *execution phase: the models constructed and calibrated during the previous phases are validated through the application to the historical time series in order to test the real predictive effectiveness and evaluating, if necessary, a further fine-tuning. Once the validation process has been successfully completed, the algorithm is implemented in the diagnostic system.*

CORFIATI *et al.* [3] propongono la classificazione di prognostic algorithms into three distinct categories:

- a. *algorithms based on a model of the system: this methodology uses a dynamic model capable of reproducing the process characterizing the functioning of the subsystem. This model must be able to compute all the border conditions, even the exogenous ones: for example, when describing the process characterizing a specific rolling stock component, if it could be exposed to thermal changes that could affect its operation, it would be necessary to consider the various external temperatures over time, and therefore simulate not only the functioning of the component, but also the contributions deriving from the external environment. Dynamic models can be obtained by following two different approaches, through the construction of a physical model of the system once it has been studied, or by identifying the system through the autoregressive-moving-average.*

di riprodurre il processo caratterizzante il funzionamento del sottosistema. Tale modello deve essere in grado di computare tutte le condizioni al contorno, anche quelle esogene: ad esempio nel descrivere il processo caratterizzante uno specifico componente di rotabile ferroviario, qualora lo stesso fosse soggetto a sbalzi termici in grado di influenzarne il funzionamento, bisognerebbe comunque considerare le varie temperature ambientali al trascorrere del tempo, e quindi simulare non solo il funzionamento del componente, ma anche i contributi derivanti dall'ambiente esterno. I modelli dinamici possono essere ottenuti seguendo due distinti approcci, attraverso la costruzione di un modello fisico del sistema una volta studiato il suo funzionamento, oppure identificando il sistema attraverso la media mobile auto-regressiva.

- b. Algoritmi basati sulla probabilità: questo approccio necessita di serie storiche relative ai guasti passati, valutando, tra l'altro, la funzione densità di probabilità della vita utile residua ed i limiti di confidenza. Per ogni sottosistema oggetto di analisi si identificano uno o più parametri caratteristici, e si riporta in un grafico l'andamento della vita utile dell'apparato al variare dei valori assunti dai parametri caratteristici. In sostanza si possono ricostruire le potenziali correlazioni tra i parametri caratteristici e la vita residua del sottosistema, sulla scorta di un campione statisticamente rappresentativo costruito mediante osservazioni passate. Essendo la vita residua un valore probabilistico, per ottenere la previsione di vita sarà quindi necessario calcolare la densità di probabilità della vita utile residua.
- c. Algoritmi basati sulle tecniche di intelligenza artificiale: tali algoritmi possono considerarsi degli ibridi capaci di integrare i pregi dei primi due approcci già discussi; essendo alla base delle più avanzate tecniche di *predictive analytics* ad oggi utilizzate, si rimanda ad una trattazione più esaustiva e completa nel paragrafo "L'Internet of Things e la manutenzione predittiva ferroviaria: dalla raccolta del dato all'estrazione dell'informazione".

4) Individuare il valore aggiunto ottenibile: la quantità di informazioni che è possibile ottenere grazie all'impiego di una efficace soluzione di MPF non riguarda soltanto la previsione dei guasti, ma anche l'analisi delle cause alla base di errori di progettazione dei componenti, il processo di costruzione degli stessi, il ciclo di vita utile, e molto altro. L'impiego di una soluzione di MPF, infatti, può anche essere d'aiuto per identificare diverse opportunità commerciali e per la costruzione di azioni prescrittive. Il valore aggiunto ottenibile, pertanto, comprende la possibilità di:

- prevedere quando un componente, soggetto a specifiche condizioni, cesserà di funzionare e quali azioni di manutenzione saranno necessarie;

- b. *Probability-based algorithms: this approach requires time series related to past failures, evaluating, among other things, the probability density function of the residual useful life and the confidence limits. For each subsystem being analyzed, one or more characteristic parameters are identified, and the trend in the useful life of the asset is shown in a graph considering that the values assumed by the characteristic parameters vary. Basically, the potential correlations between the characteristic parameters and the residual life of the subsystem can be reconstructed, based on a statistically representative sample constructed through past observations. Since residual life is a probabilistic value, in order to obtain life expectancy, it will be therefore necessary to calculate the probability density function of the residual useful life.*
- c. *Algorithms based on artificial intelligence techniques: these algorithms can be considered hybrids capable of integrating the strengths of the first two approaches already discussed; being the basis of the most advanced techniques of predictive analytics used today, a more exhaustive and complete discussion is provided in the paragraph "The Internet of Things and railway predictive maintenance: from data collection to information extraction".*

4) *Identify the achievable value-add: the amount of information that is possible to obtain through an effective RPM solution does not deal with just predicting failures; in fact, it can rely on root-cause analysis related to the design of the parts, the construction processes, the life cycle and much more. RPM can be utilized to identify various business scenarios and building appropriate prescriptive actions. The value-add obtainable implies the possibility to:*

- *predicting when, subject to specific border conditions, a part will fail and which maintenance actions are required;*
- *planning the maintenance actions in advance, allowing a just-in-time sourcing for replacement of parts, optimizing procurement and inventory;*
- *suggesting which systems are affected by potential designing problems due to their continued poor performance;*
- *identifying a track's problem when a train goes through a specific point in line, considering the vehicle like a sensor on movement.*

Within the railway technical literature different effective implementations of tele-diagnostic and predictive maintenance systems have been already described.

In the first case, AGNOLI et al. [4] describe three situations occurred in which the functions of the tele-diagnostics system allowed to avoid severe faults within the line and the consequent request of spare trains. Specifically, the first example describes a scenario in which, sending the "raw" data to the operations center via FTP

- pianificare in anticipo le azioni di manutenzione, consentendo il reperimento delle parti sostitutive secondo il metodo *just-in-time/in-case* (solo all'occorrenza), ottimizzando così le operazioni di acquisto e di mantenimento delle scorte di magazzino;
- suggerire quali sistemi possano essere affetti da problemi di progettazione riscontrabili dal loro inadeguato funzionamento in condizioni di utilizzo continuativo;
- identificare le problematiche dell'armamento al passaggio del treno in uno specifico punto della linea, considerando il veicolo come un sensore in movimento.

In letteratura si trovano diversi riscontri positivi sia per quanto concerne le implementazioni di sistemi di tele-diagnostica, sia per la sperimentazione di soluzioni più complesse di manutenzione predittiva. Nel primo caso, AGNOLI *et al.* [4] descrivono *tre situazioni realmente accadute in cui le funzioni del sistema di tele-diagnostica hanno permesso di evitare un guasto bloccante in linea e la conseguente richiesta di riserva*. Nello specifico, il primo esempio descrive uno scenario in cui, a fronte dei dati "grezzi" inviati alla centrale operativa tramite protocollo FTP (*File Transfer Protocol*, protocollo per il trasferimento dati), questi siano stati elaborati *ex post* identificando una graduale perdita di liquido dal circuito di raffreddamento di una locomotiva in esercizio. Nel secondo esempio, invece, si sfruttano le capacità diagnostiche installate a bordo, inviando a terra un'informazione pre-elaborata. Infatti, il sistema di tele-diagnostica, con la sua componente di bordo, identifica un'avaria ai carica-batterie di un locomotore che si appresta ed effettuare servizio in linea. Il macchinista non essendosi accorto *in situ* del problema, è stato allertato dalla centrale operativa che, iterativamente, lo ha guidato nelle attività di verifica e ripristino delle funzionalità, consigliando di resettare l'elettronica della locomotiva al fine di riattivare i carica batterie. L'ultimo esempio contempla un approccio ibrido tra capacità diagnostiche a bordo treno e analisi di serie storiche a terra. Infatti, quando il sottosistema della diagnostica di bordo identifica una temperatura anomala di un riduttore di una locomotiva in esercizio, provvede ad inviare un *trigger* al sottosistema di terra. La centrale operativa ha richiesto via radio al personale di condotta di ridurre la velocità mantenendo la temperatura al di sotto del valore soglia, permettendo quindi al convoglio di espletare il servizio in linea e rientrare in impianto senza la necessità di riserva. Tale circostanza rappresenta un esempio di come la tele-diagnostica permetta un aumento della vita utile del sistema: infatti grazie al collegamento bi-direzionale terra-treno, si è potuto variare il carico di lavoro del sistema in funzione delle effettive condizioni di salute degli apparati.

La manutenzione predittiva, come già descritto in precedenza, rappresenta uno scenario evolutivo rispetto alla tele-diagnostica, in quanto non verifica solo la condizione di esercizio delle varie LRU, ma tende anche a prevederne il comportamento al trascorrere dell'esercizio. Un esempio efficace a dimostrare quanto la MPF possa prevenire guasti con conseguenze negative sulla sicurezza a bordo, è la pre-

(File Transfer Protocol), these were processed ex post identifying a gradual loss of liquid from the cooling circuit of a locomotive operating within the line. In the second example, on the other hand, the diagnostic capabilities installed on board have been utilized, sending pre-processed information to the ground. In fact, the tele-diagnostics system, with its on-board component, identifies a fault in the battery chargers of a locomotive ready to start its scheduled service. The driver did not realize the problem in situ, but was alerted by the operations center that, iteratively, guided him in the activities of verification and restoration of the functionality, advising to reset the electronics of the locomotive in order to reactivate the battery chargers. The last example includes a hybrid approach between on-board diagnostic capabilities and ground-based time series analysis. In fact, when the on-board diagnostic subsystem identifies an abnormal temperature of a gearbox of an operating locomotive, it sends a trigger to the ground subsystem. The operations center, through wireless connection, has requested to the driver to reduce the running speed keeping the temperature below the threshold value, thus allowing the train to complete the scheduled service and return to the plant without the need for an additional spare train. This circumstance represents an example of how the tele-diagnostics allows an increase in the useful life of the system: in fact, thanks to the bi-directional ground-train connection, the train's workload could be changed according to the actual health conditions of the equipment. Predictive maintenance, as already described above, represents an evolutionary scenario with respect to the tele-diagnostic, in fact it does not only verify the operating condition of the various LRUs in real time, but also tends to predict their future behavior in function of time and operation.

An effective example concerning how the RPM could prevent failures that can negatively affect the safety on-board is the prediction of the door controller status [14]. Doors failure is not just a safety issue, but above all for urban services, it can lead also to the increase of waiting time to access and egress from trains, contributing to delay the services within the line.

Doors operations are managed by actuators that, through air pressure power, move a mechanical system of jacks and levers. The train management system, through electrical signals, is able to action the actuators and to receive the feedback concerning movement and status of the doors (opened or closed). A simplified model of the pneumatic door subsystem is reported in figure 2.

Based on that, the predictive diagnostic system should be able to assess different border conditions such as air pressure, currents, velocity, voltages and so forth. For this reason, a system of smart sensors directly and digitally connected with the Train Control & Management System (TCMS) is required. Each component and functionality within the subsystem needs to be analyzed to identify degradation of performance that can lead to failure. For instance, if the current of the door motor has not increased

visione delle condizioni degli apparati che regolano l'apertura e la chiusura delle porte [14]. Un guasto alle porte, infatti, non costituisce solo un problema di sicurezza, ma, specialmente per i servizi urbani, può portare anche a un aumento dei tempi di attesa per l'accesso e l'egresso dai treni, contribuendo a generare ritardi sulla linea. I movimenti delle porte sono gestiti da attuatori che, attraverso la pressione dell'aria, muovono un sistema meccanico di martinetti e leve. Il sistema di gestione del treno, attraverso segnali elettrici, è in grado di azionare gli attuatori e ricevere un riscontro riguardo al movimento e allo stato delle porte (se aperte o chiuse). Una semplificazione del modello del sottosistema pneumatico delle porte è riportata nella figura 2.

Tutto ciò posto, il sistema di diagnosi predittiva dovrebbe riuscire ad analizzare differenti condizioni al contorno come la pressione dell'aria, la velocità, il voltaggio elettrico, ecc. Risulta quindi necessario un sistema di sensori intelligenti collegati digitalmente al TCMS (*Train Control & Management System*). Ogni componente ed ogni funzionalità all'interno del sottosistema in esame deve essere analizzata al fine di identificare il decadimento delle performance che potrà portare ad un successivo malfunzionamento.

Ad esempio, se la corrente del motore delle porte non aumentasse 10 secondi dopo il comando di apertura/chiusura, questo potrebbe dimostrare la presenza di un guasto al circuito del motore; inoltre se l'interruttore di chiusura porte è già stato attivato, ma la porta non si è chiusa, allora è presente un guasto nel sottosistema delle porte. Attraverso un confronto computazionale tra i valori acquisiti in tempo reale e quelli attesi, è quindi possibile analizzare le deviazioni e prevedere in modo attendibile quale parte del sottosistema subirà un guasto, stimandone contestualmente le tempistiche di accadimento.

In questo modo si possono identificare condizioni anomale che potrebbero portare a malfunzionamenti ricorrenti fornendo ulteriori informazioni esogene, come la correlazione tra guasto e posizione sulla linea. In una soluzione di MPF, quando un allarme è generato perché il numero di eventi anomali nello stesso punto eccede la soglia prevista, in aggiunta ai dati tecnici, verranno integrate nel dominio delle analisi anche le informazioni del file di log (altrimenti detto file di registro delle attività) contenenti il numero del treno, la linea ferroviaria, la posizione lungo essa, il chilometraggio del veicolo, ecc.

4. L'Internet of Things e la manutenzione predittiva ferroviaria: dalla raccolta del dato all'estrazione dell'informazione

Come fino ad ora descritto, la digitalizzazione garantisce prognosi affidabili per la manutenzione predittiva rendendo così guasti e interruzioni di servizio altamente improbabili. Grazie allo sviluppo verticalmente integrato di sensori IP, performance computazionali, *framework* di *big data* e *analytics*, il trasporto ferroviario è reso più puntuale, sicuro e redditizio. La contaminazione dell'*Operational Technology* con l'*Information Technology*, inoltre, ha creato le condizioni necessarie all'ascesa di un nuovo sistema in

10 seconds after open/close control, it could lead to the motor circuit failure; moreover, if the door close switch has been already activated and the door is not locked, it demonstrates a fail within the door subsystem. With a computational-based comparison among real time values and expected mean values, it is possible to analyze the deviations and to predict with a reasonable effectiveness what part of the subsystem is going to fail and when. In this way it is possible to identify anomalous conditions that will lead to recurrent faults providing additional external information such as correlation between fault and position. When the alert is generated because the number of anomalous events in the same location exceeds the scheduled threshold, in addition to the technical data, the log file will add information about the train number, the railway line, the position along the line, the train mileage and so forth.

4. The Internet of Things and railway predictive maintenance: from data collection to information extraction

As described so far, digitalization ensures reliable prognoses for predictive maintenance that make failures and disruptions highly improbable. Thanks to the vertically integrated development of IP smart sensors, computational performances, Big Data and analytics frameworks, the rail transport is made more punctual, cost-efficient and safer. The contamination of Operational Technology with the Information Technology created the conditions to arise a new framework where all data obtained as output from operational devices are collected, stored, normalized, and analyzed.

Once the data is created by the sensors (exogenous like related to the weather or the line, and endogenous directly connected to the train's subsystems), the flow required to convert raw data into useful information consists of four stages:

1) Data acquisition: is the process of gathering and measuring information from heterogeneous sources (e.g.: the different train's subsystems, railway line, weather, etc.), and related to targeted variables in an established systematic trend. In this way it is possible to capture quality evidence that then are translated into rich data analysis in order to build an effective and credible data set, avoiding overfitting phenomena (excessive adaptation of models just to specific observed data). The acquisition process requires a converged IT infrastructure per each train (including software, networking, server and storage), in order to:

- *collect and store the data produced by IP sensors and other external sources;*
- *perform a first data analysis in real time providing useful information to the driver about the route and the health of the systems;*
- *share, once arrived at the main station, through wireless connection, all the data acquired during the trip*

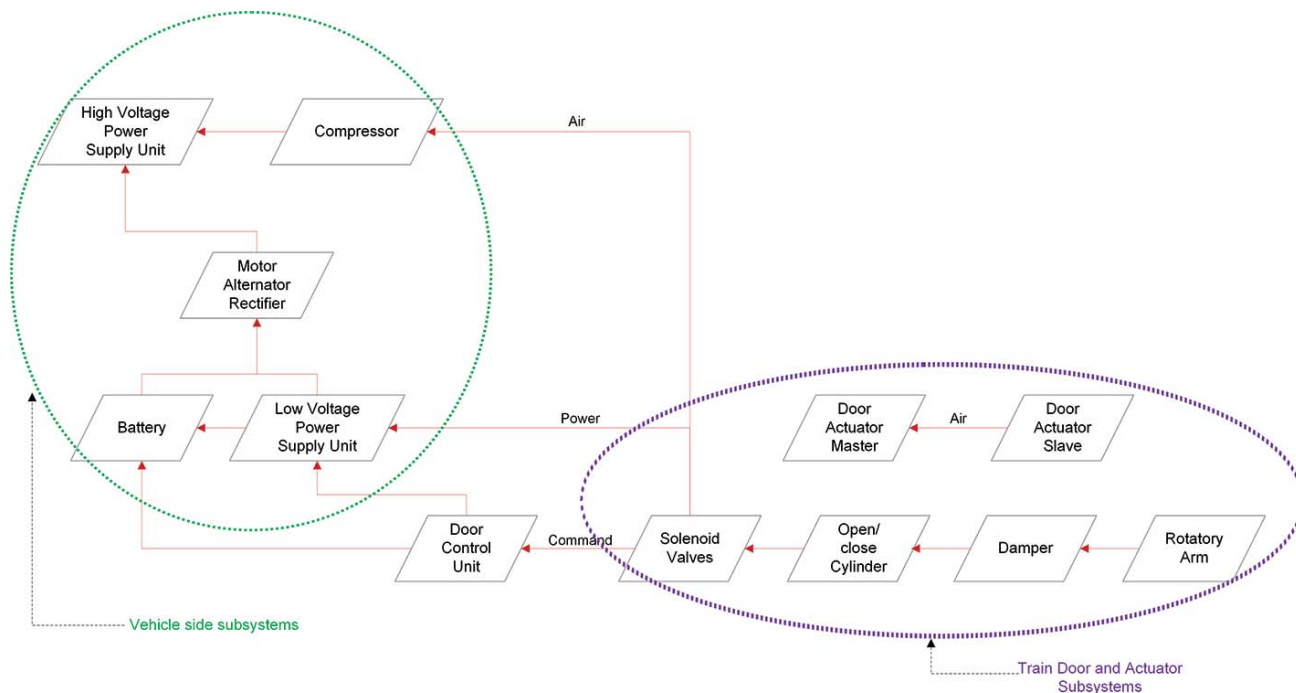


Fig. 2 - Modello semplificato del sottosistema porte.
 Fig. 2 - A simplified model of the door subsystem.

cui tutte le informazioni ottenute come output da strumenti operativi vengono raccolte, registrate, normalizzate ed analizzate.

Una volta che i dati sono letti dai sensori (esogeni come quelli relativi alle condizioni climatiche o della linea, ed endogeni direttamente riferibili ai sottosistemi del treno), il flusso informativo volto a convertire i dati grezzi in informazioni utili consta di quattro fasi:

1) **Acquisizione dei dati:** è il processo di raccolta e misurazione delle informazioni da diverse fonti (ad esempio diversi sottosistemi del treno, linea ferroviaria, meteo, ecc.) e relativa a precise variabili acquisite secondo un trend sistematico e automatizzato. In questo modo è possibile raccogliere valori di grandezze efficaci che poi possano venir utilizzati in un'analisi dei dati volta a costruire un campione statisticamente rappresentativo, evitando fenomeni di *overfitting* (eccessivo adattamento dei modelli ai dati osservati).

Il processo di acquisizione richiede, per ogni treno, una infrastruttura IT convergente (cioè comprensiva di *software, infrastrutture di rete, server e spazio disco*) al fine di:

- raccogliere e conservare le informazioni prodotte dai sensori IP ed altre fonti esterne;
- condurre una prima analisi dei dati in tempo reale fornendo informazioni utili al macchinista sul tragitto e sullo stato dei sistemi;
- condividere una volta arrivati alla stazione principale, attraverso un sistema senza fili, tutti i dati acquisiti durante il viaggio che saranno poi consolidati e processati attraverso appositi strumenti di ETL (*Extract, Transform, & Load*);

that will be consolidated and processed through data transformation tools (Extract, Transform, & Load – ETL);

To perform an effective data acquisition, it is fundamental to develop specific connectors able to interface with batch sources and real time flows, and to collect all these data into a data set that will be transferred to the normalized master data lake within the main Data Center (DC) of the railway service provider.

2) **Data transformation:** *through visually interfaced data integration tools, it is possible to move data from many different sources, to aggregate and transform those to allow domain experts to analyze a heterogeneous set of data of any format, schema and type (data lake). In a good data integration tool, this mapping is depicted visually so it will be easy to follow the path of the data, and to understand precisely where each piece of data originates, how the data is processed or transformed as it passes through the system, and exactly where the transformed data is going. The data transformation and integration process provides standardized data in a format and a place where it is consumable from a maintenance life-cycle point of view. In this way, it is possible to build data lakes where, by coding the right algorithms, it is possible to extract information from raw data. The biggest part of data involved within the predictive maintenance processes are, nowadays, predominantly structured, and specifically time series, i.e. data sampled at specific frequency. Often this frequency is very high, and this leads to store huge amount of data, increasing difficulties to manage and analyze*

Transform & Load- estrazione, trasformazione e caricamento dei dati).

Al fine di effettuare un'acquisizione dati efficace, è quindi fondamentale sviluppare specifici connettori in grado di interfacciarsi sia con fonti di dati *batch* (già processati) sia con flussi in tempo reale, e raccogliere tutte queste informazioni all'interno di un *data set* che sarà poi trasferito nel *master data lake* normalizzato all'interno del *Data Center* (DC) dell'operatore che eroga il servizio ferroviario.

2) Trasformazione dei dati: attraverso strumenti di integrazione dei dati con interfaccia grafica, è possibile trasferire misurazioni provenienti da diverse fonti per poi aggregarle e trasformarle al fine di consentire agli esperti di settore di analizzare un insieme di dati eterogenei e di diverso formato, schema e tipo (*data lake*). Uno strumento efficace di trasformazione dati utilizza un'interfaccia grafica intuitiva, così da rendere più semplice le correlazioni tra gli elementi del flusso di dati analizzati e comprendere precisamente dove abbia origine ogni singola informazione, come venga processata, e utilizzata in seguito alla sua trasformazione. La conversione delle informazioni ed il processo di integrazione generano dati standardizzati in un formato e in una collocazione che li rendano sfruttabili dal punto di vista della manutenzione. In questo modo è possibile costruire *data lake* che, analizzati attraverso la codificazione di opportuni algoritmi, consentano di estrarre le informazioni dai dati grezzi. Attualmente la maggior parte dei dati coinvolti nella manutenzione predittiva sono strutturati, e specificatamente *time series*, ovvero dati campionati con una frequenza definita. Spesso tale frequenza è molto elevata e questo conduce all'immagazzinamento d'ingenti quantità di dati, comportando difficoltà nella gestione e nell'analisi degli stessi, con l'aggiunta che una quota parte considerevole di tali dati sia poco rappresentativa ai fini statistici in quanto sostituibile con *trend* e cicli ricorrenti. Risulta quindi efficace utilizzare opportuni metodi matematici per ottenerne la riduzione pur mantenendo le informazioni intrinseche. Tra i metodi più efficaci si cita la trasformata discreta di Fourier (DFT) che è in grado di convertire una collezione finita di campioni di una funzione raccolti con frequenza nota, in una collezione di coefficienti di una combinazione lineare di sinusoidi complesse ordinate al crescere della frequenza [17]. In sostanza è possibile sostituire alla serie originale una combinazione lineare di seno e coseno mantenendo solo un numero ridotto di coefficienti iniziali. Un ulteriore aspetto da tenere in considerazione analizzando i *time series* riguarda l'identificazione di schemi ricorrenti e modelli predittivi. Tale identificazione può essere effettuata all'interno di una singola serie al fine di riconoscere andamenti anomali rispetto ai valori attesi, oppure computando diverse serie contemporaneamente per individuare quella *target* che rappresenterà una buona approssimazione dei valori di funzionamento previsti al trascorrere del tempo. Una volta identificata la serie *target*, utilizzando metodi *dynamic time warping* (DTW) è possibile misurare la distanza $\delta(t)$ tra le sequenze allineate ricevute in input dal sistema (per esempio da n treni in esercizio di una medesima flotta) rispetto alla serie *target* (figura 3).

those, with the additional concern that a big part of those data is not statistically representative and it could be replaced with trends and recurrent cycles. It has been demonstrated the effectiveness of opportune mathematical methods to reduce the dimension of those series, while maintaining the intrinsic information. Among the most effective methods, it will be cited the discrete Fourier transformation (DFT) that is able to convert a given collection of samples' function collected with known frequency in a collection of coefficients of linear combination of complex sinusoids sorted as frequency increases [17]. In essence, it is possible to replace the original series with a linear combination of sin and cos keeping just a reduced number of initial coefficient. An additional aspect to consider analyzing time series is the recognition of recurrent schemas and predictive models. This identification can be performed within a single series to recognize anomalous behaviors respect to the expected values, or as an alternative, analyzing more time series at the same time to identify the target time series that represent an effective approximation of the optimal operation values. Once identified the target time series, applying dynamic time warping (DTW) methods it is possible to measure the distance $\delta(t)$ between the aligned sequences received as input by the system (e.g.: from n trains in line belonging to the same fleet) with respect to the target time series that shows the expected optimum behavior (figure 3).

Let $\Psi_e(t)$ the expected value extracted by the target series, it can be higher or lower respect to the value really measured onboard in real time $\Psi_r(t)$; let $\varphi(t)$ the threshold, known a priori, that once overtaken certifies that the behavior of the asset can be considered as anomalous. Per each sampling time stamp, in order that the monitored subsystem runs with optimal operating conditions, it will be required to be satisfied the following inequation:

$$\delta(t) = |\Psi_e(t) - \Psi_r(t)| < \varphi(t)$$

Indeed, this phase addresses the problem of incoming and stored data in many different fragmented places and formats, standardizing them and creating "a common factor" to enable the analysis.

3) *Data evaluation: this phase deals with both "short term" and "long term" analysis. The "short term" analysis is performed onboard and provides real time information to the driver about the running trip. On the other hand, the goal to achieve in the "long term" analysis is to provide an end-to-end view of the maintenance framework to make it more efficient, identify new patterns, and improve decision making and new future planning. Data scientists can analyze data and search for patterns that predict, for example, the circumstances in which a traction drive, an electronic door motor or a wheelset fails, and when wear or spontaneous error messages require attention. To achieve these results, gaining insights from data, it is pos-*

Posto che il valore previsto assunto dalla funzione $\Psi_e(t)$ possa essere maggiore o minore rispetto a quello realmente misurato sul campo $\Psi_r(t)$, definito a priori il valore soglia $\varphi(t)$ al superamento del quale il comportamento del sottosistema monitorato possa essere considerato anomalo, per ogni *timestamp* di campionamento, affinché l'apparato operi in condizioni di esercizio ottimali, dovrà essere verificata la seguente disequazione:

$$\delta(t) = |\Psi_e(t) - \Psi_r(t)| < \varphi(t)$$

Questa fase affronta quindi il problema dei dati ricevuti e immagazzinati in database distinti e con formati differenti, uniformandoli e "portandoli a fattor comune" per poterli analizzare efficacemente.

3) Valutazione dei dati: questa fase riguarda le analisi a "breve" e "lungo termine". L'analisi a "breve termine" è effettuata a bordo treno e fornisce informazioni in tempo reale al conducente sul tragitto e sui parametri del moto. L'obiettivo di un'analisi "a medio-lungo termine", invece, è fornire una visione a trecentosessanta gradi del framework di manutenzione al fine di renderlo più efficace, identificare nuovi modelli predittivi, e ottimizzare le azioni manutentive da intraprendere proattivamente. I *data scientist* possono analizzare le informazioni e cercare modelli che prevedano, ad esempio, le circostanze per le quali un motore elettrico di trazione, o il *controller* di una porta vadano in *fault*, distinguendo, invece, segnali falsi positivi che in realtà non richiederebbero attenzione. Per ottenere questi risultati è possibile avvalersi di svariate competenze e tecnologie. Di seguito si riporta un elenco, a scopo prettamente illustrativo e non esaustivo, di potenziali tecniche utilizzabili per estrapolare informazioni dai dati:

- *descriptive analytics* (analisi descrittive): forniscono semplici analisi ed osservazioni sui dati mediante l'utilizzo di statistica inferenziale;
- *data mining* (estrazione di informazioni a partire da dati grezzi): analizza grandi quantità di dati eterogenei al fine di estrarre modelli e dipendenze interessanti precedentemente sconosciuti. Le più diffuse tecniche di *data mining* sono:
 - *anomaly detection* (rilevazione di anomalie): riguarda la scoperta di valori e grandezze che si discostano dal valore atteso o dai trend previsti. Ad esempio, come riportato in precedenza, se la corrente del motore delle porte non aumenta 10 secondi dopo il comando di apertura/chiusura, questo potrebbe segnalare un guasto al circuito del motore;

sibile to utilize several capabilities and technologies. Below is reported a list, intended to be illustrative and not restrictive, of potential techniques:

- *descriptive analytics*: provides simple summaries and observations about the data;
- *data mining*: it analyzes large quantities of data in order to extract previously unknown interesting patterns and dependencies. The most common key data mining techniques are:
 - *anomaly detection*: it deals with the discovery of records and patterns that are outside the norm. E.g.: if the door motor current has not increased 10 seconds after open/close control, it could lead to the motor circuit failure of the door system;
 - *association rules*: this method searches and tries to identify dependencies, relationships, links or sequences among variables in the data. E.g.: wheel bearings tend to fail under specific different conditions (external temperature, forces, wind speed and direction, hours of operations, mileage, singular points (GPS positions) within the track, etc.);
 - *clustering*: it groups together sets of objects that satisfy the same properties;
 - *classification*: correlates the new data points collected with the most appropriate set, by identifying the level of affiliation. E.g.: a vehicle can be classified as "old" or "new" according to the mileage;
 - *regression*: assesses the relationships among variables and calculates how much a variable changes when another variable is modified. E.g.: the brakes reduce their useful life faster in function of the

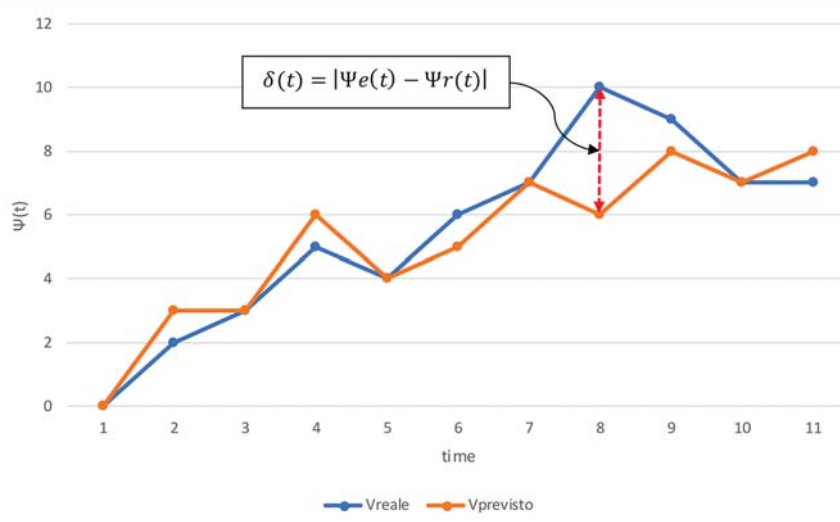


Fig. 3 - Analisi differenziale tra valori reali campionati e valori previsti estratti dal modello predittivo.

Fig. 3 - Differential analyses between real values sampled and expected values extracted by the predictive model.

- *association rules* (regole di associazione): ricercano e provano a identificare dipendenze, relazioni o collegamenti tra più variabili indipendenti presenti nella base dati. Ad esempio, i cuscinetti delle ruote tendono a subire danni in funzione di svariate condizioni specifiche (temperature esterne, forze inerziali, attriti, chilometraggio, punti specifici (posizioni GPS) lungo il tracciato, ecc.);
 - *clustering* (raggruppamento): raggruppa diversi insiemi di oggetti che soddisfino le medesime proprietà;
 - classificazione: mette in relazione i nuovi dati raccolti con il gruppo più affine identificandone il livello di correlazione. Ad esempio, un veicolo può essere classificato come “nuovo” o “vecchio” a seconda del chilometraggio;
 - regressione: è una tecnica usata per analizzare una serie di dati che consistono in una variabile dipendente e una o più variabili indipendenti. Lo scopo è stimare un’eventuale relazione funzionale esistente tra la variabile dipendente e le variabili indipendenti. Ad esempio, la vita utile dei freni si riduce più o meno velocemente al variare del tipo di tragitto e di come il macchinista conduca il treno.
 - *machine learning* (metodi di auto-apprendimento): consentono al software di apprendere le informazioni dai dati disponibili e da eventi passati, effettuando previsioni su tali basi. Ad esempio, quando iniziano a degradare le *performance* di un sottosistema del treno, si palesano diversi fattori scatenanti. La volta seguente in cui si presenteranno tali fattori, il *software* sarà già in grado di predire il malfunzionamento incipiente;
 - simulazione: abilita scenari *what-if* per specifici sottosistemi del treno e/o processi manutentivi. A titolo di esempio si cita la possibilità di valutare in che entità, a fronte di un utilizzo generalmente continuo, determinati sottosistemi potranno essere più o meno soggetti a malfunzionamenti;
 - *text mining* (estrapolazione di informazioni dal testo): è un sottogruppo del *data mining* in cui i dati sono composti da testi scritti. Rende possibile la comprensione e la conversione dal linguaggio umano a quello del calcolatore. Ad esempio, dai registri di manutenzione si potrebbe determinare se un operatore specifico avesse condotto determinate procedure tali da estendere o ridurre la vita utile del sottosistema oggetto di manutenzione;
 - *predictive analytics* (analisi predittive): al fine di prevedere esiti futuri si utilizzano le tecniche di *machine learning* e *data mining*. L’approccio olistico di sofisticati strumenti di analisi è utilizzato per sviluppare modelli e stime sul comportamento e la vita utile degli apparati.
 - *prescriptive analytics* (analisi prescrittive): aggiungono un sistema di gestione delle decisioni agli esiti dell’analisi predittiva al fine di allineare ed ottimizzare le azioni da intraprendere secondo la conoscenza dei do-
route and of the driver (the way in which she/he leads the train).
 - *machine learning*: enables the software to learn from the data and predict accordingly. E.g.: when a train’s subsystem fails, there are several factors that come into play. The next time those factors are evident, the software will predict the failure;
 - *simulation*: enables what-if scenarios for specific assets and/or processes. E.g.: in which way running specific components for a certain period of time will impact the likelihood of failure;
 - *text mining*: it is a subset of data mining, where data is composed by natural language texts. It enables the understanding of and alignment between computer and human languages. E.g.: from maintenance logs it is possible to determine that a specific operator performed specific operations which led to extended/reduced asset life;
 - *predictive analytics*: to predict future outcomes, it utilizes machine learning and data mining techniques. The holistic approach of sophisticated analytics tool is applied to develop models and estimations about the behavior and the useful life of assets;
 - *prescriptive analytics*: it adds a decision management framework to the predictive analytics outcomes in order to align and optimize decisions according to analytics and organizational domains knowledge. The goal to achieve is not just to identify when an asset fails, but also to suggest actions, and to show the implications of each decision option.
- The data analysis can lead to prove a precise forecast about how long a component or a drive unit will continue to function under specific conditions. The analysis also determines, with greatest accuracy, which actions must be taken when a behavioral pattern registered by the data, and based on past experience, indicates that an acute failure can be expected in short time. To achieve these goals, it is fundamental to apply a holistic approach made by the implementation of advanced algorithms, knowledge of domain expert, and best practices.*
- 4) *Data visualization*: once the data have been correlated and analyzed and new patterns have been discovered and validated, the visualization phase allows to the stakeholders to take actions accordingly. Within the data visualization types, the most common are the dashboards, infographics and balanced scorecards. Transforming data into meaningful and easy to understand information via some forms of visualization or reports can lead to the implementation of an effective Operational Intelligence (OI) strategy. To achieve these results, the data visualization system has to meet the following traits:
- *useful*: all the stakeholders (management, dispatchers, maintenance engineers) although with different aims, have to use the information on a regular basis and can

mini tecnico e organizzativo. L'obbiettivo non è solamente identificare il malfunzionamento di un *apparato*, ma anche suggerire le azioni da intraprendere, soppesando le implicazioni di ogni decisione.

L'analisi dei dati può portare ad effettuare previsioni di quanto a lungo un componente o un'unità continuerà a funzionare a fronte di specifiche condizioni. L'analisi determina anche, con ragionevole accuratezza, quali azioni dovrebbero essere intraprese qualora un modello di predizione basato su misurazioni in tempo reale e su esperienze passate, indicasse la probabilità che si verifici un guasto nel breve termine. Per raggiungere questo obiettivo è fondamentale applicare un approccio olistico ottenibile implementando algoritmi avanzati, il *know-how* proprio dell'esperto di settore e l'impiego di metodologie manutentive basate sullo stato dell'arte.

4) Visualizzazione dei dati: una volta che i dati sono stati correlati ed analizzati e che nuovi modelli sono stati identificati e validati, la fase di visualizzazione permette di trasferire agli *stakeholder* (portatori di interesse) le informazioni necessarie affinché possano intraprendere i provvedimenti opportuni basandosi non solo sulla propria esperienza personale, ma anche su uno strumento di supporto alle decisioni. Tra gli strumenti per la visualizzazione dei dati vi sono le *dashboard* (cruscotti di dati), l'infografica e le *balanced scorecard* (schede di valutazione bilanciata). È importante notare che la trasformazione di dati grezzi in informazioni significative e facili da comprendere, attraverso l'impiego di *report* o forme grafiche, risulta fondamentale per l'implementazione di una strategia di *Operations Intelligence* (OI) efficace. Al fine di ottenere questi risultati il sistema di visualizzazione dei dati deve essere:

- utile: tutti gli *stakeholder* (il management, i manutentori e gli ingegneri), anche se con fini differenti, devono poter utilizzare regolarmente le informazioni e devono essere in grado di prendere decisioni rilevanti visualizzando in un unico cruscotto tutti gli indicatori rappresentativi; infatti spesso le diverse informazioni sono contenute in *data silos* differenti e memorizzate con formati eterogenei. Risulta quindi fondamentale costruire dei cruscotti capaci di integrare informazioni provenienti da diverse fonti, integrando solo quegli indicatori realmente utili in funzione delle responsabilità dei vari *stakeholder*;
- di facile utilizzo e di impatto visivo: non solo deve essere facile da usare, ma anche piacevole;
- efficace: i soggetti che lo utilizzano devono ottenere le informazioni che cercano velocemente e con facilità;
- scalabile: deve essere facile poterlo mantenere e modificare in futuro a fronte di esigenze di crescita delle variabili analizzate.

Il flusso informativo completo per trasformare i dati grezzi in informazioni utili e modelli di manutenzione è riportato in figura 4.

make relevant decisions by viewing all the insights they need in one place; in fact, often the different information are contained in different data silos and stored in heterogeneous formats. It is therefore essential to build dashboards capable of integrating information from different sources, integrating only those indicators that are really useful according to the responsibilities of the various stakeholders;

- *user friendly and visually appealing: it has to be not only easy to use, but also pleasurable to use;*
- *effective: stakeholders who use it should accomplish their goals quickly and easily;*
- *scalable: it has to be prone to accessibility and future maintenance and modifications.*

The end-to-end flow to transform raw data into useful insights and maintenance patterns is reported in figure 4.

5. The enabling IT

To deploy an effective predictive maintenance framework, it is not enough to identify and collect the right data, to calibrate the right models, and to build the appropriate algorithms. In addition to those elements discussed above, a robust IoT platform is required to collect and store a big amount of input raw data to convert into useful insights and information. This massive volume of data is rapidly growing and can be effectively administered also through relational databases and non-SQL databases. Only intensive parallel processing systems and In-Memory DBs are able to handle and analyze such huge volumes of data with complex algorithms.

There are different solutions that enable the Railway Predictive Maintenance from an IT infrastructure point of view. These solutions are designed to collect, store, manage, and analyze huge amount of heterogeneous data, and can be interfaced with in-memory platforms to perform real-time analysis of structured data. The central ecosystem (figure 5) can be constituted by Apache Hadoop, an open-source framework utilized to manage and process huge amount of data through commodity hardware and both distributed computational (Map Reduce) and storage (Hadoop Distributed File System) resources. Multiple data types from many sources (engine variables, bogies sensors, GPS position within the line, atmospheric data, etc.) may be ingested into the data lake built over the infrastructure, satisfying the requirement to run Hadoop and different other analytics suites across large, diverse data sets. Hadoop, thanks to its modular components, can perform comprehensive analysis of structured, semi-structured, and unstructured data, identifying predictive models and dependencies among data apparently not correlated, showing the results through highly customizable reports. In this way, it is possible to extract information from different independent data, whose correlation could

5. Le tecnologie IT abilitanti

Al fine di rendere efficace un sistema di manutenzione predittiva, però, non è sufficiente identificare e raccogliere i dati corretti per calibrare i giusti modelli e costruire gli algoritmi appropriati. In aggiunta a questi elementi è necessaria una robusta piattaforma IoT che abiliti la raccolta, l'immagazzinamento e la conversione di una grande quantità di dati grezzi in informazioni utili. Il volume di dati in ballo cresce rapidamente e deve essere gestito attraverso database sia relazionali che No-SQL. Al fine di governare ed analizzare un tale volume di dati con algoritmi complessi, non si può prescindere dall'implementazione di un sistema computazionale con risorse distribuite e dall'utilizzo di database *in-memory*.

Esistono diverse soluzioni verticali abilitanti la manutenzione predittiva ferroviaria dal punto di vista delle infrastrutture IT. Si tratta fondamentalmente di soluzioni progettate per immagazzinare, gestire ed analizzare raccolte di dati molto estese in termini di volume, varietà e velocità (*big data*), ed in grado di interfacciarsi con piattaforme *in-memory* per l'analisi in tempo reale dei dati strutturati.

L'ecosistema centrale (figura 5) può essere costituito da *Apache Hadoop*, un *framework software open-source* utilizzato per gestire e processare ingenti quantitativi di dati attraverso *commodity hardware* e risorse distribuite computazionali (*Map Reduce*) e di memorizzazione (*Hadoop Distributed File System*). Svartati tipi di dati provenienti da diverse fonti (variabili di stato del motore, sensori dei carrelli, posizioni GPS, dati atmosferici ecc.) potrebbero essere inglobati nel *data lake* costruito sull'infrastruttura, soddisfacendo così i requisiti per utilizzare *Hadoop* e le varie suite di *analytics*, costruendo un campione di dati eterogeneo e rappresentativo. *Hadoop*, grazie ai suoi diversi moduli, può svolgere analisi di dati strutturati e non, volte a identificare modelli e dipendenze su grandezze apparentemente non correlate, garantendo, inoltre, un'elevata personalizzazione della reportistica ottenuta a valle delle analisi.

In questo modo è possibile estrarre informazioni da dati indipendenti, la cui correlazione potrebbe fornire *insight* (approfondimenti) sulla salute dei diversi sottosistemi del treno, in funzione di condizioni al contorno dinamiche ed esogeneità variabili.

provide insights about the health of the different trains' subsystems, in function of dynamic border conditions and variable exogeneity. To maximize performance, data is automatically spread and balanced across the cluster's nodes, to guarantee the required scalability. This ecosystem is designed to analyze both structured data derived by IP sensors and unstructured data (usually bigger) and obtained by external sources not directly related to the train's diagnostic.

It is fundamental to dispose of appropriate computational capacity to deploy similarity analyses in real time including, simultaneously, as much time series as possible in order to obtain triggers and alarms during the phases of incipient malfunction of fleets along the lines. To be

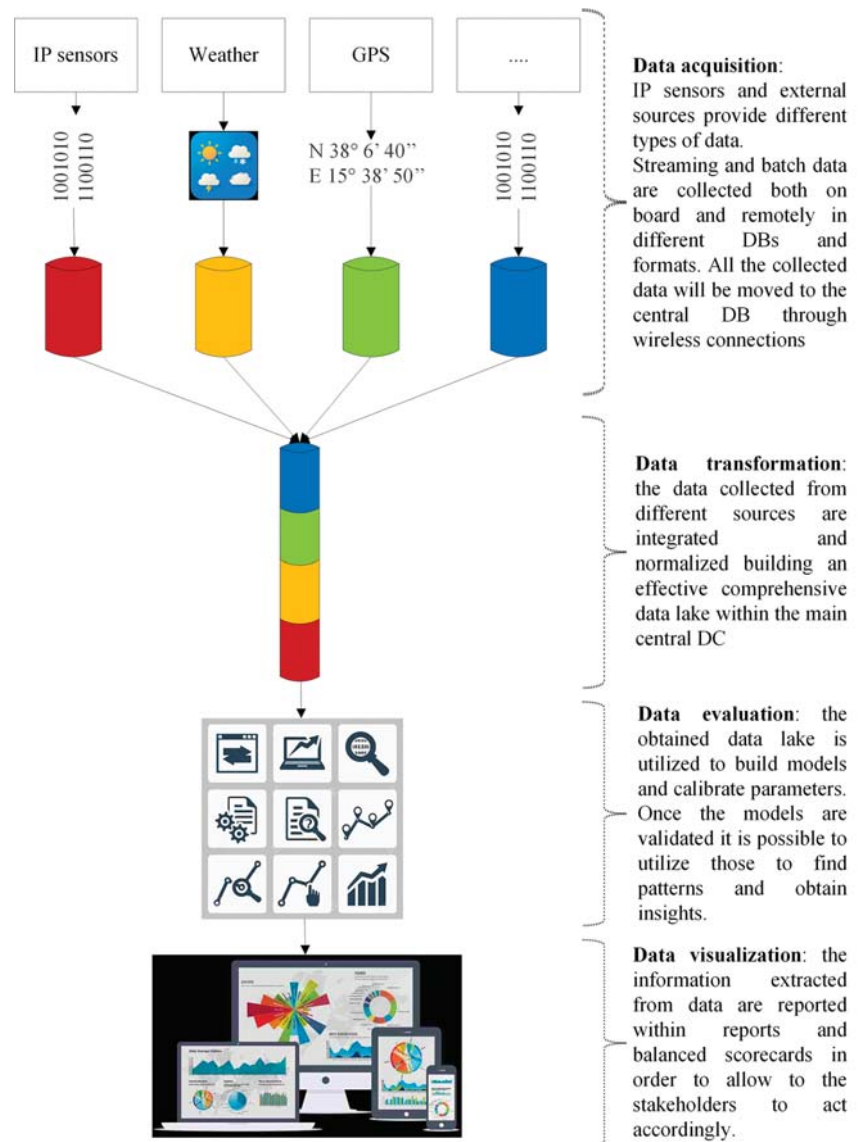


Fig. 4 - Il flusso di trasformazione dai dati grezzi alle informazioni utili.
 Fig. 4 - The transformation flow from raw data into useful insights;

Per massimizzare le performance i dati vengono automaticamente spalmati e bilanciati tra gli elementi del *cluster* garantendo la scalabilità necessaria in funzione delle esigenze. Un ecosistema così progettato si presta ad analizzare sia dati strutturati provenienti da sensoristica IP, sia dati non strutturati di più grosse dimensioni e provenienti da fonti non direttamente legate alla diagnostica del treno.

Risulta fondamentale disporre di una capacità di calcolo tale da effettuare analisi in tempo reale e computando quante più sequenze di dati possibili simultaneamente, al fine di ottenere allarmi ed informazioni nelle fasi di malfunzionamento incipiente. Per raggiungere tali obiettivi prestazionali non si può prescindere dall'utilizzo di soluzioni di analisi *in-memory*.

Esistono diverse piattaforme in grado di effettuare analisi su basi di dati contenute su memoria RAM (memoria ad accesso casuale), tra queste una particolarmente efficace, ed interfacciabile con l'ecosistema *Lumada*, è la soluzione HANA lanciata da SAP. Infatti, tale piattaforma consente di costruire un database *in-memory* in grado di estrarre informazioni in tempo reale da una vasta quantità di dati, anche provenienti da fonti eterogenee.

Contestualizzando, un intero treno, in funzione della diagnostica a bordo, potrebbe produrre fino a 500 MB di dati durante una giornata di servizio (25 GB se si considerasse anche il flusso dati della video sorveglianza a bordo). Nella figura 6 è riportato uno schema semplificato di soluzione convergente per SAP HANA in configurazione *Scale Out*. Al fine di semplificare la rappresentazione grafica, si è ipotizzato che le connessioni ISL siano già previste tra i vari *switch* accoppiati, così come, per semplicità, si evitano di riportare i collegamenti ridondati tra ogni singolo *switch* ed ogni singolo apparato ad esso attestato.

6. Il framework IoT Lumada

Per far fronte a tutte le necessità hardware e software descritte in precedenza, Hitachi ha sviluppato una architettura IoT componibile e verticalmente integrata, *Lumada*, in grado di consolidare tutti i componenti attraverso un unico *stack*. Il framework *Lumada*, infatti, è stato progettato per gestire il completo ciclo di vita di dispositivi e apparati di varia natura, misurandone le performance in tempo reale, creando insieme di dati storici statisticamente rappresentativi utili ad effettuare previsioni e ottimizzazioni di natura tecnica e finanziaria. La sua architettura, flessibile e modulare, grazie al rilascio di interfacce di programmazione pubbliche (*Application Programming Interfaces*, API), consente di implementare soluzioni di terze parti (proprietarie ed *open source*) anche già presenti presso il cliente, proteggendo quindi gli investimenti pregressi. *Lumada* si connette sia in *real time* che *batch* con dispositivi singoli, con flotte di apparati, anche se geograficamente distribuiti o in movimento. Grazie ai suoi *tool* di *data ingestion* è in grado di visualizzare i dati provenienti dagli apparati, memorizzarli su piattaforme *big data*, analizzarli con strumenti di intelligenza artificiale e *machine learning*, ed eseguire opportuni *work flow* a seguito degli *output* ottenuti, anche integrandosi con i sistemi informativi aziendali.

compliant with those achievements in terms of performance, it is necessary to utilize in-memory platforms.

There are different platforms within the marketplace able to perform analysis over random-access memory (RAM); one powerful option is represented by the HANA solution provided by SAP. In fact, this platform allows building an in-memory database able to extract real-time information from a huge amount of heterogeneous data.

To contextualize, an entire train, in function of the number of sensors installed, can produce up to 500 MB of data within one day of service (25 GB if are considered also the data flows coming from video surveillance systems onboard). In figure 6 is reported a simplified example of convergent solution for SAP HANA in Scale-Out configuration. To simplify the graphical representation, it has been considered that ISL connections are already present among the different couple of switches, and it is also graphically omitted the redundant links between each single switch and its correspondent device.

6. The IoT framework Lumada

To satisfy the hardware and software exigencies described above, Hitachi developed a vertically integrated composable IoT framework, Lumada, able to consolidate all the required components within a unique stack. Lumada, in fact, is designed to manage the entire life-cycle of different types of assets and devices, measuring real time performances, building statistically representative data set along the useful life of the asset, performing technical and financial forecasts and optimizations. Its modular and flexible architecture, thanks to public application programming interfaces (API), allow the implementation of third party solutions (both proprietary and open source) even if already installed within the customer's framework, allowing the preservation of previous investments. Lumada can establish both real time and batch connections with single devices, with fleet of assets, even if geographically spread or in movement. Thanks to its data ingestion tools it is able to visualize data coming from assets, store those on big data platforms, and analyze the entire data lake through AI and machine learning tools, acting specific workflow as response of achieved results, also integrating with corporate IT systems. The modular approach does not deal just with functions which are able to be integrated within the ecosystem, but also the scalability in terms of types and amount of monitorable devices, allowing to add/remove assets without affecting the global availability of the solution.

Lumada utilizes three basic concepts to interface and virtualize the assets:

1. Gateway: *it is a software that federates n devices that will be interfaced with Lumada. It is utilized when it is necessary to utilize a specific topology (spatial distribution of assets) or when the single devices to be*

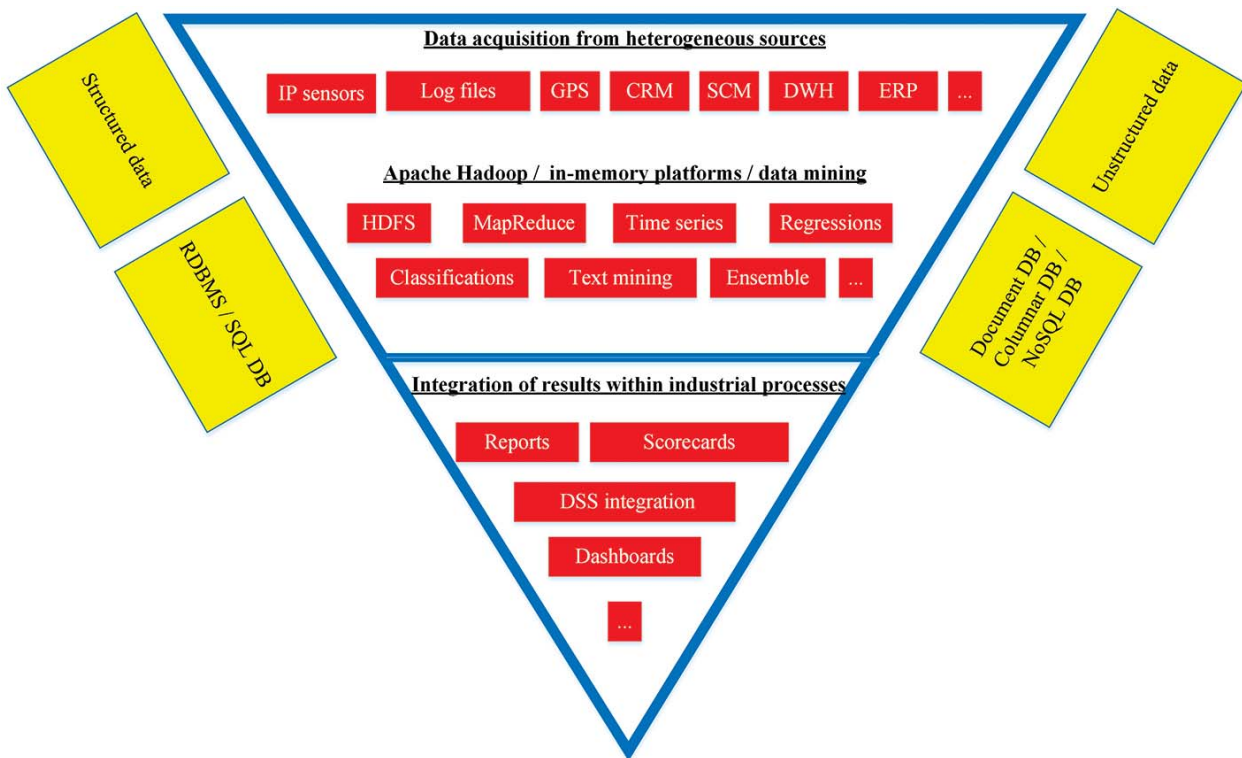


Fig. 5 - Ecosistema integrato Hadoop, piattaforma in-memory e data mining.
 Fig. 5 - Hadoop integrated ecosystem, in-memory platform, and data mining.

L'approccio modulare non riguarda soltanto le funzionalità integrabili nell'ecosistema, ma anche la scalabilità in termini di tipologia e numero di apparati monitorabili, permettendo di aggiungere/rimuovere dispositivi senza incidere sull'operatività complessiva della soluzione.

Lumada usa tre concetti di base per virtualizzare i dispositivi al proprio interno:

1. *Gateway*: è un software che federa n dispositivi che poi verranno integrati in Lumada. Si utilizza o quando si vuole implementare una topologia particolare (distribuzione spaziale degli apparati) o quando i singoli apparati da integrare usano bus/protocolli diversi da quelli standard supportati. Per esempio, in ambito industriale, il gateway consente di connettersi al PLC (Controllore a Logica Programmabile, elabora i segnali provenienti da sensori e diretti agli attuatori presenti in un impianto), ai sistemi SCADA (rappresentano sistemi informatici distribuiti per il monitoraggio elettronico dei sistemi fisici), ad architetture OPC (protocollo di comunicazione machine-to-machine per l'automazione industriale), ecc.
2. *Asset avatar type*: rappresenta il *blueprint* che racchiude le caratteristiche digitali che verranno fornite da ogni apparato di quella specifica classe. L'*asset avatar type* costruito per una flotta di treni ad alta velocità, ad esempio, fornirà, specifici segnali a Lumada, e tali segnali saranno, in parte, diversi da quelli forniti dall'*asset avatar type* costruito per una flotta di metropolitane. Quindi

ingested utilize different bus/protocols from the standard supported. E.g.: within the industrial sector, the gateway allows to connect to PLC (an industrial digital computer which has been ruggedized and adapted for the control of manufacturing processes), to SCADA systems (is a control system architecture to interface to the process plant or machinery), and to OPC architectures (machine-to-machine protocol for industrial automation), etc.

2. *Asset avatar type*: it represents the blueprint that contains the digital features that will be provided by each single asset. The asset avatar type built for a fleet of high-speed trains, for instance, will provide specific signals to Lumada, and few of those will be different from the ones provided by the asset avatar type built for metro fleet. This element will teach Lumada about which values will receive as input from each type of asset and will allow performing corrections over entire fleets, just modifying the asset avatar type of that fleet.
3. *Asset avatar*: it represents the avatar of each device, is the digital twin that digitally reproduce the real machine that is necessary to map. Within the railway example, the asset avatar represents the single train that belongs to the specific fleet (asset avatar type). Each

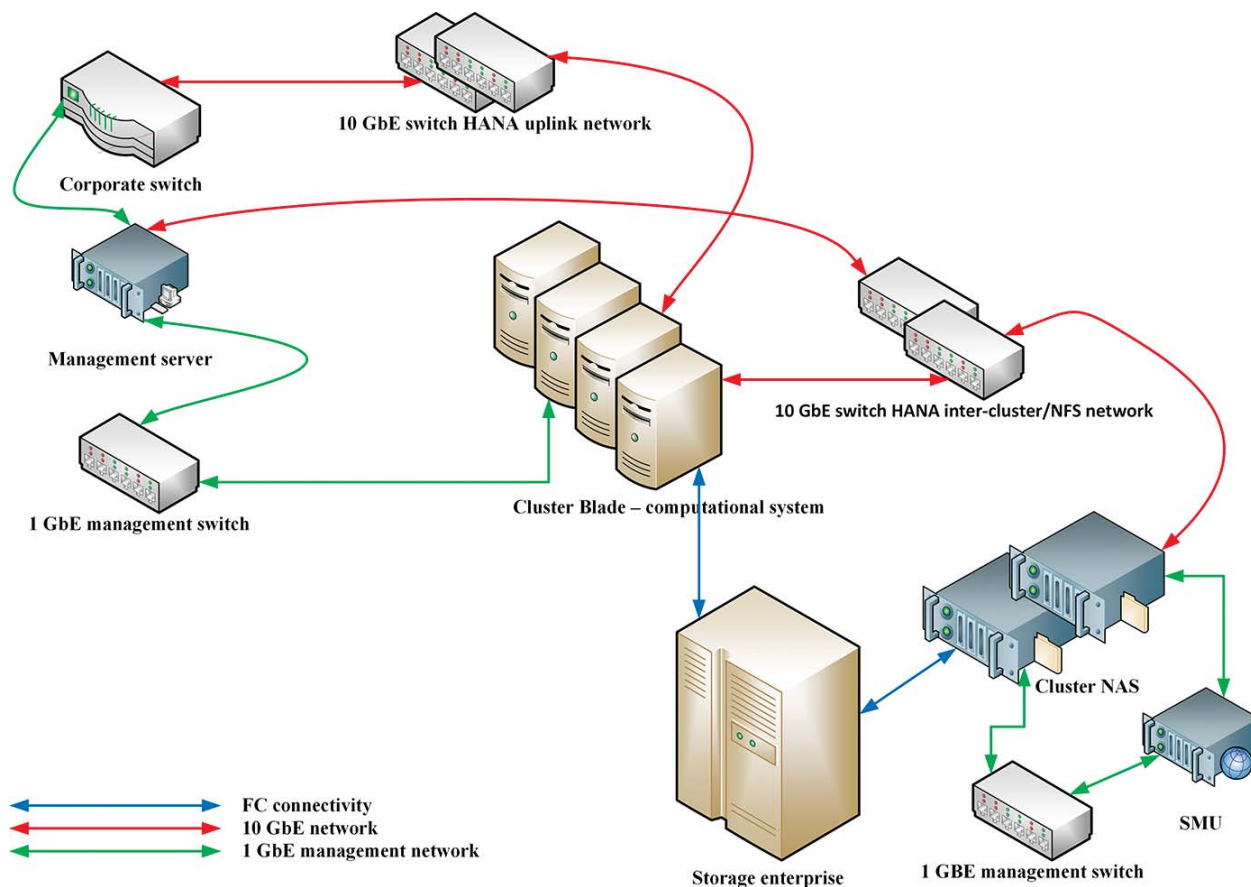


Fig. 6 - Schema semplificato di una soluzione convergente per SAP HANA in configurazione Scale-Out.
 Fig. 6 - Simplified schema of convergent solution for SAP HANA in Scale-Out configuration.

questo elemento istruirà Lumada su quali valori riceverà in input da ogni tipologia di apparato e consentirà di effettuare correzioni su intere flotte di veicoli, semplicemente modificando l'asset avatar type di quella flotta.

3. *Asset avatar*: rappresenta l'avatar, il *digital twin*, che ricostruisce digitalmente il dispositivo reale che si intende mappare. Nell'esempio ferroviario, l'asset avatar rappresenta il singolo treno che appartiene alla specifica flotta (*asset avatar type*). Ogni *asset avatar* fornisce indicazioni sullo stato di funzionamento dell'apparato cui si riferisce, è in grado di inizializzare algoritmi specifici a fronte del verificarsi di determinate soglie, e può mettere in relazione le variabili monitorate con sistemi ERP (Enterprise Resource Planning, sistema di gestione che integra tutti i processi di business rilevanti di un'azienda [15]).

L'ecosistema Lumada è costituito da quattro moduli distinti che, mutuamente vincolati, consentono di gestire l'intero flusso end-to-end dalla raccolta del dato all'attivazione di azioni correttive (figura 7).

Di seguito si riporta una breve descrizione per ogni modulo:

asset avatar provides indications on the functioning state of the apparatus to which it refers, it is able to initialize specific algorithms against the occurrence of certain thresholds, and can relate the variables monitored with ERP systems (Enterprise Resource Planning, management system that integrates all the relevant business processes of a company [15]).

The Lumada ecosystem can be described through four distinct modules that, mutually constrained, allow managing the entire end-to-end flow from data collection to activation of corrective actions (figure 7). Below is reported a brief description for each module:

1. *Edge: it is a tool that enable data collection from heterogeneous sources and with different formats working as an ETL gateway (Extract, Transform, & Load) that acquires, normalizes, and transfers data from spatially distributed devices to the central database of the Core module. In addition, Edge is able to provide computing resources at local level to filter and prioritize received data, perform data streaming analysis reducing latency and optimizing network load for data transfer from "periphery" to "center". Being a scalable*

1. *Edge*: si tratta di uno strumento in grado di abilitare la raccolta dati da sorgenti eterogenee e con formati differenti lavorando a tutti gli effetti come un *gateway ETL* (*Extract, Transform, & Load*) che acquisisce, normalizza, e trasferisce i dati dagli apparati distribuiti nello spazio verso il database centrale del modulo *Core*. In aggiunta, *Edge* è in grado di fornire risorse di calcolo locali per filtrare e prioritizzare i dati ricevuti, effettuare analisi di *streaming data* riducendo la latenza e ottimizzando il carico di rete per il trasferimento dati dalla “periferia” al “centro”. Essendo una soluzione scalabile in *cluster*, consente anche l’implementazione di *Fog Computing*, ovvero un’architettura orizzontale, a livello di sistema, utile a distribuire senza soluzione di continuità risorse e servizi di calcolo, immagazzinamento di dati, controllo e funzionalità di rete sull’infrastruttura che connette il *Cloud all’Internet delle Cose (IoT)* [16]. L’*appliance Edge* è in grado, grazie ai suoi strumenti per gli sviluppatori (*Software Developments Kits, SDKs*), di mettere a fattor comune diversi silos di dati ad oggi indipendenti e disgiunti, abilitando l’implementazione di analisi basate su intelligenza artificiale e *machine learning*.
 2. *Core*: rappresenta il nucleo centrale del framework, riceve i dati dai sensori o dagli *Edge* e li memorizza in appositi database al fine di abilitare la costruzione di campioni statisticamente rappresentativi che verranno poi analizzati nel modulo *Analytics*. Inoltre, nel *Core* vengono espletate tutte le attività di gestione delle identità e degli accessi, conservando appositi registri per ogni apparato interfacciato, garantendo quindi la sicurezza logica dell’intero ecosistema. Il modulo *Core* si occupa anche di memorizzare, visualizzare ed esportare attraverso apposite API (connettori sviluppati *ad hoc*) gli *asset avatar* degli apparati monitorati verso applicativi anche di terze parti, rendendo così l’intero ecosistema “aperto” e non *vendor lock-in*. Inoltre, riesce a comunicare con i vari dispositivi monitorati, implementandone modifiche alle configurazioni in funzione delle analisi effettuate. Tali automatismi espletati dal *Core* facilitano la gestione di flotte anche di grandi dimensioni, replicando simultaneamente, in automatico, le nuove impostazioni evitando complesse e laboriose attività manuali.
 3. *Analytics*: questo modulo del framework fornisce tutte le funzionalità necessarie per fronteggiare le complessità dovute all’analisi e alla gestione di ingenti quantitativi di dati eterogenei e multi sorgente che arrivano costantemente da sensori, macchine, ed altri apparati connessi a Internet. Per le attività di gestione dei dati, *Lumada* può utilizzare, tra le varie soluzioni, anche *Pentaho*, suite di *analytics* che fa da *orchestrator* per la parte di *ETL, Big Data ingestion, MapReduce management, data analytics e data visualization*. Il modulo *Data Integration (PDI)*, ad esempio, consente di integrare, raffinare e correlare tipologie di dati differenti anche multi sorgente, utilizzando la console nativa oppure integrando modelli costruiti in *R, Python o Weka*. Grazie all’interfaccia grafica “*drag&drop*”, *PDI* elimina la necessità di scrivere codice, riducendo la complessità e aumentando la produttività
- cluster solution, it also allows the implementation of Fog Computing that is a horizontal, system-level architecture that distributes computing, storage, control and networking functions closer to the users along a cloud-to-thing continuum [16]. The Edge appliance is able, thanks to its tools for developers (Software Developments Kits, SDKs), to bring together different silos of independent and disjointed data, enabling the implementation of analysis based on artificial intelligence and machine learning.*
2. *Core*: represents the kernel of the framework, receives the data from the sensors or the Edge and stores them in specific databases in order to enable the construction of statistically representative samples that will then be analyzed in the Analytics module. Moreover, all the identity and access management activities are carried out in the Core, keeping special registers for each interfaced device, thus ensuring the logical security of the entire ecosystem. The Core module also takes care of storing, displaying and exporting the asset avatar of the devices monitored also to third-party applications, through special APIs (connectors that can be developed ad hoc), thus making the whole ecosystem “open” and not vendor lock-in. It also manages to communicate with the various monitored devices, implementing changes to the configurations according to the analysis performed. These automatisms carried out by the Core facilitate the management of large fleets, simultaneously and automatically replicating the new settings avoiding complex and laborious manual tasks.
 3. *Analytics*: this module of the framework provides all the features necessary to face the complexities related to the analysis and management of large quantities of heterogeneous and multi-sources data that constantly come from sensors, machines, and other devices connected to the Internet. To perform all the activities related to data management, Lumada can utilize, among the diverse solutions also Pentaho, suite of analytics that act as an orchestrator for ETL, big data ingestion, Map Reduce management, data analytics & visualization. Pentaho Data Integration (PDI) module, for instance, allows to integrate refine, and correlate diverse types of data even multi source, utilizing its own native console, or integrating models built in R, Python, Weka, and so on. Thanks to the visual interface “drag&drop”, PDI removes the need to write code, reducing complexity and increasing data scientists’ productivity during the ETL phases, within the activities of analysis and results visualization, during the interfacing with Hadoop and Spark distributions, with SQL and NoSQL databases, and during the export of data toward in-memory platforms. Based on open source framework with a big community of developers worldwide, Pentaho represents a continuous evolving solution constantly aligned to the new and

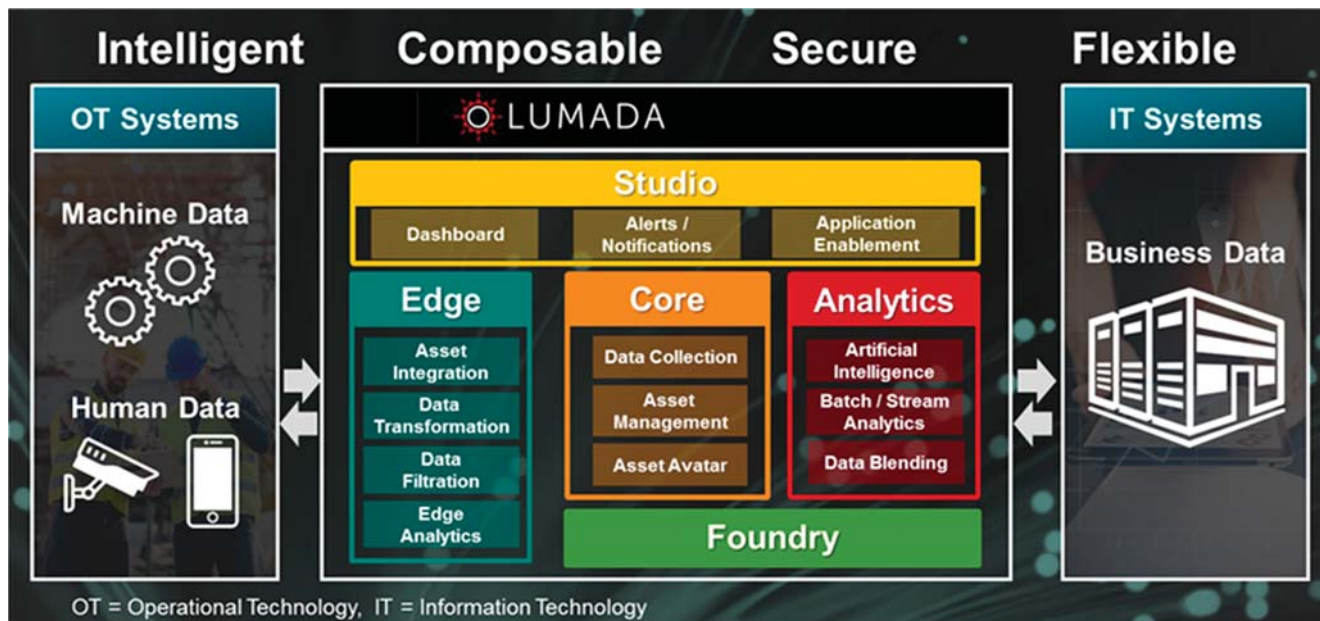


Fig. 7 - L'architettura concettuale del framework Lumada.
 Fig. 7 - The Lumada's framework conceptual architecture.

dei *data scientist* nelle fasi di ETL, nelle attività di analisi e visualizzazione dei risultati, così come nelle operazioni di interfacciamento con distribuzioni *Hadoop* e *Spark*, con database relazionali e non, e verso piattaforme *in-memory*. Basato su un *framework open source* con una grandissima comunità di sviluppatori alle spalle, rappresenta una soluzione in continua evoluzione allineandosi alle mutevoli esigenze del mercato. *Pentaho* garantisce grande compatibilità con sorgenti di dati eterogenei e con gli applicativi proprietari più diffusi.

4. Studio: il modulo Studio può utilizzare diverse soluzioni in funzione delle esigenze del cliente, e garantisce le funzionalità di *front end* inerenti alla visualizzazione dei risultati delle analisi e l'attivazione di specifici *work-flow* a fronte del raggiungimento delle soglie impostate. Studio, anche utilizzando *Pentaho BA*, consente di creare diversi cruscotti informativi aggiornati in tempo reale in funzione dei vari portatori di interesse: il *top management* visualizzerà una serie di indicatori diversi rispetto agli ingegneri che, a loro volta, avranno accesso ad informazioni distinte rispetto a quelle degli operai in linea, ecc. Oltre a visualizzare i vari cruscotti anche in mobilità, Studio è in grado di interfacciarsi sia in *input* che in *output* con i sistemi gestionali aziendali, integrando ed indicizzando anche dati non strutturati.

Sottosistemi, dispositivi e apparati possono interagire con Lumada utilizzando sia il protocollo HTTP (HyperText Transfer Protocol, protocollo di trasferimento di un ipertesto) attraverso l'architettura REST (REpresentation State Transfer), sia altri protocolli "binari" che hanno un *pattern* diverso, noto come *publish/subscribe*; tra questi si citano:

- MQTT (Message Queue Telemetry Transport): nato per soddisfare esigenze telemetriche, molto leggero ed affi-

mutable marketplace's exigencies. It guarantees deep compatibility with sources of heterogeneous data and with the most diffused proprietary applications.

4. Studio: *this module, that can be deployed utilizing different solutions in function of the customer's exigencies, guarantees front-end functions related to the display of analysis results and the activation of specific workflows in function of exceeding thresholds. Studio, also utilizing Pentaho BA, allows creating several dashboards updated in real time according to the various stakeholders: the top management will visualize a series of different indicators compared to the ones dedicated to the engineers who, consequently, will have access to distinct information from those of the operative workers, etc. In addition, Studio is able to interface both in input and in output with the company management systems, integrating and indexing even unstructured data, showing the various dashboards even in cloud.*

Subsystems, devices, and assets can interact with Lumada utilizing both the HTTP protocol through the REST (REpresentation State Transfer) architecture, and other "binary" protocols with a different pattern, known as publish/subscribe; among those, there are:

- MQTT (Message Queue Telemetry Transport): *designed to satisfy telemetry exigencies, it is very light and affordable (with three different levels of QoS), above all over networks with low connectivity performance and stability.*
- AMQP (Advanced Message Queuing Protocol): *developed predominantly for "server to server" connec-*

dabile (garantisce tre livelli differenti di qualità del servizio) soprattutto su reti non perfette in termini di stabilità della connessione.

- AMQP (*Advanced Message Queuing Protocol*): sviluppato prevalentemente per la connessione “server to server” e quindi per sistemi *enterprise*, è più “pesante” di MQTT ma supporta numerosissimi pattern differenti.

Grazie ad un modulo di *cyber security* ingegnerizzato *ad hoc*, tutte le comunicazioni tra i vari *layer* del *framework*, tra questi e gli *apparati* distribuiti da monitorare, così come tutte le connessioni con gli utenti finali sono protette da avanzati strumenti di crittografia. Il *framework Lumada* fornisce tutto il necessario per costruire la piattaforma IoT disegnata su misura per indirizzare tutte le necessità del cliente, utilizzando tecnologia sia proprietaria Hitachi che di terze parti, al fine di costruire una soluzione verticalmente integrata e allineata alle esigenze di progetto.

Hitachi fornisce, quindi, anche le conoscenze di dominio per guidare gli *stakeholder* nella definizione delle specifiche tecniche, nell’ottimizzazione dei processi industriali e nel ciclo *end-to-end* della creazione del valore.

Tra le funzionalità globali erogabili, a titolo esemplificativo ma non esaustivo, si citano:

- integrazione di applicativi anche terze parti;
- implementazione di diversi *bus* di comunicazione;
- costruzione del *data lake*;
- *analytics*;
- ETL;
- *complex event processing*;
- analisi dei flussi dati in tempo reale e *batch*;
- estrazione di algoritmi predittivi con possibilità di interfacciarsi verso piattaforme *in-memory*;
- esecuzione di *workflow* a fronte di soglie o cicli iterativi;
- costruzione di *avatar* per digitalizzare gli apparati produttivi reali;
- gestione di metadati aggiuntivi;
- gestione dell’intero ciclo di vita del dispositivo;
- *predictive quality*;
- implementazione di scenari *what-if*;
- *charge back* e ripartizione dei costi secondo *Activity-Based Costing* (ABC).

La customizzazione di Lumada abilita la realizzazione un *framework* di manutenzione predittiva ferroviaria che integri le competenze di dominio con le tecnologie abilitanti i *predictive analytics* ed i sistemi automatizzati di supporto alle decisioni. Tale *framework* consente di interfacciarsi in tempo reale con le flotte dei treni in esercizio, memorizzando eventi, segnali diagnostici e contatori. In questo modo sarà possibile costruire un *data set* multi sorgente che sia statisticamente rappresentativo e abiliti l’estrazione di modelli predittivi al fine di effettuare le operazioni manu-

tion for enterprise systems, it is heavier than MQTT, but it supports many different additional patterns.

Using a cyber-security module designed ad hoc, all the communications among the different framework’s layers, among those and the distributed assets to be monitored, and also all the connections with the end users are protected by advanced encryption tools. The Lumada framework provides everything needed to build a tailor-made IoT platform to address all customer needs, using both proprietary Hitachi and third-party technologies, to build a vertically integrated solution that aligns with project needs.

Hitachi does not provide just the technology, but also the domain knowledge to advise the involved stakeholders in defining technical specs, in industrial processes optimization, and within the end-to-end cycle of value creation.

Below is reported a list, intended to be illustrative and not limiting, of global functionalities deployable:

- *integration with third party applications;*
- *implementation of different communication buses;*
- *data lake creation;*
- *analytics;*
- *ETL;*
- *complex event processing;*
- *real time and batch analysis;*
- *extraction of predictive models (algorithms) with the possibility to interface in-memory platforms;*
- *workflow execution in function of thresholds and iterative cycles;*
- *digital twin (avatar) construction to digitalize real assets;*
- *management of additional metadata;*
- *management of entire asset’s life-cycle;*
- *predictive quality;*
- *implementation of what-if scenarios;*
- *chargeback and cost splitting according to activity-based costing (ABC).*

Through the Lumada customization, it is going forward the construction of a framework for railway predictive maintenance that integrates domain competencies with technologies enabling predictive analytics and automated decisions support systems. This framework is able to interface in real time with the fleet of trains along the lines, collecting events, diagnostic signals, and counters. This will allow the construction of a multi-source and statistically representative data lake that enables the extraction of predictive models to perform just-in-time/in-case maintenance operations, increasing the trains’ availability reducing potential inefficiencies. In parallel

tentive in logica *just-in-time/in-case*, aumentando sensibilmente la disponibilità dei treni in linea ed eliminando eventuali “sacche” di inefficienza. In parallelo a questa prima fase, a seguito di un importante progetto di *digital transformation* delle linee produttive, Hitachi sta lavorando per mappare i propri processi produttivi ed integrare al *data lake* della manutenzione predittiva anche i dati inerenti alla progettazione, alla produzione, ed al collaudo dei vari *asset*. In questo modo, grazie alla serializzazione degli *apparati*, sarà possibile ricostruire digitalmente tutto il flusso produttivo *end-to-end*, abilitando *root-cause analysis*, reingegnerizzazione dei processi e/o dei prodotti, ribaltamento dei costi seguendo una metodologia *activity-based*, estraendo quindi informazioni tecniche ed economiche atte ad incrementare indicatori sia di efficienza che di efficacia.

Lumada rappresenta il denominatore comune abilitante i progetti inerenti alla manutenzione predittiva ferroviaria e lo *smart manufacturing* (figura 8), mettendo in relazione sorgenti di dati differenti, anche in tempo reale, estraendo informazioni e generando valore.

I vantaggi di tali soluzioni saranno usufruibili sia in *cloud* che *on-premises*, e potranno anche essere proposti *as-a-service* per tutte quelle realtà che, non disponendo della massa critica necessaria ad ingegnerizzare una soluzione così complessa, potranno comunque trarne giovamento mediante l'utilizzo a servizio.

7. Manutenzione predittiva ferroviaria: nuovi scenari di business

Efficaci soluzioni di manutenzione predittiva possono avere un impatto positivo sul business ferroviario e, allo stesso tempo, rivoluzionare gli approcci manutentivi.

Un sistema di MPF efficace può influenzare positivamente i ricavi e i costi, apportando miglioramenti sia in termini di efficienza che di efficacia. Dal punto di vista dei costi lungo il ciclo di vita, è possibile ottenere i seguenti risultati:

- ridurre le esigenze di riserve operative e i relativi costi: tipicamente è richiesta una riserva operativa variabile dal 5% al 15% dell'intera flotta da impiegare come scorta in caso di guasti. Attraverso una strategia di MPF è possibile ottimizzare la manutenzione del parco veicoli prevedendo quando un componente potrebbe guastarsi. Le interruzioni non pianificate al servizio vengono così ridotte drasticamente permettendo di ridurre il numero di treni tenuti a disposizione per fronteggiare potenziali disservizi. Questo si traduce in un duplice risparmio sia sul *Capital Expenditure* (CAPEX, spese per il capitale) sia sull'*Operational Expenditure* (OPEX, spese operative);
- estendere la vita utile degli apparati: la MPF consente di programmare la sostituzione dei componenti quando sono prossimi al guasto e non solo quando suggerito convenzionalmente dai manuali tecnici, riducendo le spese per l'acquisto di ricambi e ottimizzando i costi di utilizzo delle squadre manutentive.

with this first phase, proceeding with an important digital transformation project within the production chains, Hitachi is working to map the production processes to integrate to the predictive maintenance data lake also additional data related to design of subsystems, their production, and the tests performed to certify the compliance. Thanks to the asset serialization it will be possible to build digital representation of all the processes within the entire lead cycle, enabling root-cause analysis, process and product re-engineering, charge back policies, extracting technical and economic information useful to increase efficiency and effectiveness KPIs.

Lumada represents the common denominator to enable the two projects (figure 8), blending different sources of data, also in real time, extracting information and generating value.

Those solutions can be delivered both on cloud and on premises, and could be proposed also as-a-service to address the financial exigencies of small and medium enterprises that can prefer an OPEX investment in function of the real utilization of the resources.

7. Railway predictive maintenance: new scenarios of business

Affordable Railway Predictive Maintenance solutions can positively influence the rail business, while completely transforming the maintenance landscape.

An effective RPM framework can positively influence both revenues and costs, achieving efficiency and effectiveness improvements. For what concerns the costs, it is possible to obtain the following results:

- *reducing the exigencies for operational reserves and related costs: train fleets typically need an operational reserve from 5% to 15% as back up in case of operational failure. Through a RPM framework it is possible to optimize the rolling stock maintenance by predicting when a component will fail. Unplanned outages of rolling stock are minimized, so fewer trains need to be kept on standby. This leads savings on both Capital Expenditure (CAPEX) and Operational Expenditure (OPEX);*
 - *extending the useful life of the assets: RPM allows to replace the components when they are close to failure and not when the manual suggests. This means expensive components are used optimally, reducing the spending on parts, and minimizing labor costs related to maintenance.*
- RPM can also increase the revenues related to the railway service operators, achieving the following objectives:*
- *moving trains from operational reserve to the line: mitigating the risk of serious outages, it is possible to utilize trains that before were kept as back up, to run new services and consequently increasing the number of tickets sellable per day without additional CAPEX;*

La MPF può anche aumentare i ricavi degli operatori di trasporto su ferro, ottenendo i seguenti risultati:

- impiegare i treni di scorta per erogare servizi operativi: una volta mitigato il rischio di interruzioni di guasti in linea, è possibile utilizzare i treni precedentemente tenuti come riserve per effettuare nuove corse, aumentando, così, il numero di biglietti giornalmente vendibili senza ulteriori costi CAPEX per l'acquisto di nuovi rotabili.
- attrarre domanda proveniente da altri modi di trasporto: un alto grado di affidabilità rende l'operatore ferroviario più attraente per il consumatore, permettendo quindi di attrarre passeggeri che avrebbero utilizzato altri modi di trasporto; ad esempio il treno ad alta velocità risulta più attrattivo rispetto all'aereo per tratte fino a 700km.

Investire in un sistema di MPF potrebbe essere interessante sia per i produttori ferroviari che per gli operatori di trasporto. Trenitalia può arrivare a spendere in media 1,3 miliardi di Euro all'anno solamente per le operazioni di manutenzione di primo e secondo livello [18]. Risulta quindi interessante quantificare il risparmio ottenibile attraverso una efficace strategia di MP.

È possibile prendere in considerazione tre scenari (tabella 1): il caso migliore, il caso peggiore e quello più probabile. Nel primo scenario, il raggiungimento di un risparmio potenziale del 5% sull'intera spesa, consentirebbe di risparmiare 65 milioni di Euro nell'intero anno fiscale. Nel caso peggiore, invece, con un risparmio del solo 1% rispetto allo scenario attuale, sarebbe possibile ottenere un risparmio di 13 milioni di Euro all'anno. In fine, qualo-

- *attracting demand from other modes of transportation: achieving a high degree of reliability allows the railway operators to be more attractive at customers' eyes, and to intercept new flows of passengers from other modes (e.g.: airplane, for trips up to 700 km).*

Investing in RPM could be interesting for both railway manufacturers and service operators. Trenitalia can spend an average of 1.3 billion Euros per year just for first and second level maintenance [18]. Therefore, it is interesting to assess which is the amount of savings achievable through an effective PM strategy. It is possible to consider three scenarios (table 1): best, worst, and most likely. In the first case, achieving a potential saving of 5% of the entire spending, it will allow to keep 65 million Euros within an entire fiscal year. In the worst case, with a saving of just 1% of the as-is scenario, it is possible to achieve 13 million Euros per year. Finally, a most likely scenario, could lead to save up to 3% of actual spending, reaching a saving of 39 million Euros per year.

It goes without saying that in all the cases the initial investment can be amortized in few years, generating positive cash flow in terms of cost savings, optimizations, and new demand attracted from others means of transportation. The Payback Period (PP) has a key role in order to let the RPM project feasible and attractive.

There are already different partnerships around the world between IoT companies, railway manufacturers, and railway service operators that led to the implementa-

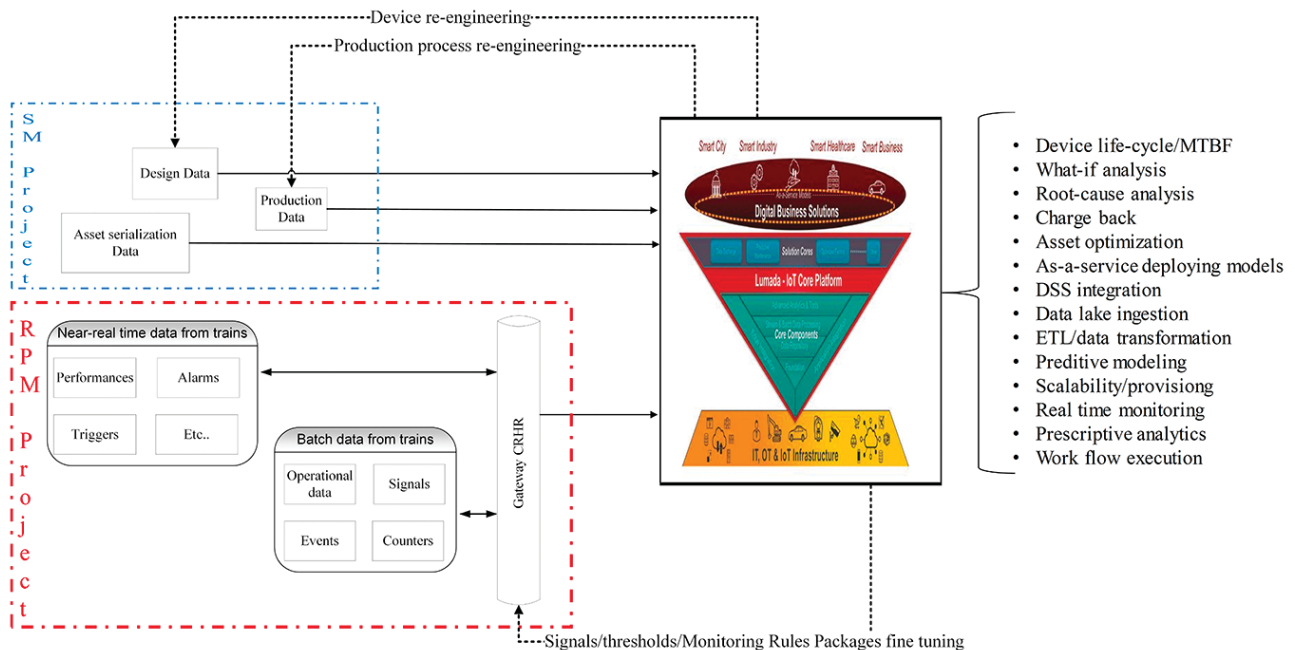


Fig. 8 - Lumada come framework comune per i progetti di manutenzione predittiva e smart manufacturing.
 Fig. 8 - Lumada as common framework for both projects, predictive maintenance and smart manufacturing.

ra si verificasse l'ipotesi più probabile, si potrebbe arrivare a riduzioni del 3% della spesa effettiva, raggiungendo così un risparmio di 39 milioni di Euro all'anno.

È evidente che in tutti gli scenari l'investimento iniziale potrebbe essere ammortizzato in pochi anni, generando così un flusso di cassa positivo in termini di risparmi di costo, ottimizzazioni e ulteriore fatturato derivante da nuova clientela proveniente da altri modi di trasporto. Il *payback period* (PP, periodo di recupero dell'investimento) ha un ruolo importante al fine di rendere il progetto di MPF attrattivo e sostenibile.

Nel settore ferroviario ci sono già diverse collaborazioni in atto tra società IT, produttori ferroviari e operatori di esercizio che hanno contribuito a implementare con successo scenari di MPF. Tra i casi di successo se ne cita uno di particolare interesse perché include molti tra gli elementi positivi analizzati precedentemente. Lo scenario riguarda due grandi città a circa 700 km di distanza. Prima dell'implementazione di una linea ferroviaria ad alta velocità e del sistema di MPF, il tempo di percorrenza medio di un viaggio di sola andata era di 5.5 ore, e il totale dei passeggeri ad usufruirne era di quasi 800.000 all'anno. Nello stesso periodo, le linee aeree erano in grado di coprire la stessa rotta in 1.4 ore più il tempo necessario per il *check-in* e i controlli di sicurezza, servendo l'80% del mercato, nonostante tale opzione fosse la più costosa. È importante sottolineare come la rotta tra le due città rientrasse tra le più trafficate al mondo.

Una volta inaugurata la linea ad alta velocità, l'operatore ferroviario è stato in grado di ridurre sensibilmente il tempo di percorrenza, riducendolo a 2.5 ore, rendendolo così comparabile al viaggio aereo, e quindi, dando ai passeggeri una reale possibilità di scelta. Al fine di puntare ad attrarre la clientela aerea, l'operatore ferroviario ha deciso inoltre di offrire rimborsi completi per ogni viaggio che avesse subito un ritardo superiore ai 15 minuti. Tale offerta è stata apprezzata dal mercato, sebbene esponesse l'operatore ferroviario a un rischio finanziario considerevole in caso di ritardo dei treni. Questo rischio, però, è stato mitigato grazie all'implementazione di un sistema di MPF che garantisse un alto livello di affidabilità.

Una volta ridotti al minimo i guasti impattanti, la probabilità di subire ritardi superiori ai 15 minuti risulta molto contenuta. Grazie alle nuove performance ottenute in termini di durata del viaggio e affidabilità del servizio, l'operatore ferroviario ha potuto aumentare le proprie quote di mercato dal 20% al 60%, riducendo i costi operativi di manutenzione ed incrementando i ricavi grazie all'aumento della clientela. Da un punto di vista finanziario, invece, l'intero investimento è stato ripagato dai risparmi di costo, generando anche un flusso di cassa cumulato positivo.

Al netto dei ricavi extra derivanti dalla clientela attratta dal modo aereo, il periodo di *payback* di questo progetto è risultato essere di 8 anni, il ROI pari al 130% calcolato su 10 anni, il tutto considerando solo i risparmi ottenuti attraverso l'implementazione del sistema di MPF. Conteggiando anche il flusso di cassa aggiuntivo derivante dalla nuova clientela, invece, il periodo di *payback* si riduce a soli 3 anni. È importante notare che, inoltre, ci sono stati diversi benefici aggiuntivi da un punto di vista trasportistico:

tion of RPM scenarios, and one of these is particularly interesting because shows all the positive topics discussed above. The scenario consists of two big cities whose distance is almost 700 km. Before the implementation of high-speed railway line and the RPM framework, the time to perform a one-way trip was 5.5 hours, and the total amount of passengers serviced was almost 800.000 per year. At the same time, the airlines were able to cover the same route in 1.4 hours plus the time for check-in and security checks; and they were servicing the 80% of the market between the two cities, although being the most expensive option. It is important to highlight that the air link between the two cities was part of the top busiest air routes globally. Once the high-speed railways line was opened, the rail operator was able to reduce significantly the journey time, covering the distance in 2.5 hours, making the plane and train trips comparable and giving passengers a real choice. In order to target directly the air routes passengers, the rail operator offered full refunds for any journey that was delayed by more than 15 minutes. This policy has been appreciated by the marketplace of passengers, even though it exposed the rail operator to a considerable financial risk in the case of delayed trains. This serious risk has been mitigated through the implementation of RPM framework that allowed to reach a high degree of reliability. With unplanned outages minimized, there is little chance of mechanical failure on route or rolling stock availability delaying a train more than 15 minutes. Thanks to these new performances achieved in terms of time of journey and reliability of service, the rail operator increased its market share from 20% to 60%, reducing maintenance OPEX and increasing revenues thanks to the quantity of demand attracted. From a financial point of view, the entire investment was repaid by savings, even generating positive cumulative cash flow. Without considering the extra revenues attracted by air routes, this project had a payback period of 8 years and Return On Investment of 130% calculated over 10 years, just considering the savings achievable through

TABELLA 1 – TABLE 1

Ipotesi sui risparmi ottenibili implementando una soluzione efficace di MPF
Hypothesis about the savings achievable by implementing an effective solution of MPF

Scenario	Percentuale di risparmio annuo Yearly saving (percentage)	Valore risparmiato annualmente Yearly saving (value)
Migliore Best	5%	65 x 10 ⁶ €
Più probabile Most likely	3%	39 x 10 ⁶ €
Peggiora Worst	1%	13 x 10 ⁶ €

- il servizio ferroviario è diventato più affidabile, migliorando la soddisfazione dell'utenza;
- l'aumentata soddisfazione della clientela ha fatto aumentare la quota di mercato, grazie ad un'affidabilità del servizio del 99,98%;
- estendendo la vita utile degli apparati si sono ridotti drasticamente i costi di manutenzione;
- la riduzione dei costi operativi ha comportato una riduzione delle tariffe, ottenendo quindi un aumento ulteriore dei passeggeri creando un circolo virtuoso;
- il passaggio della domanda dal trasporto aereo a quello ferroviario ha permesso una cospicua riduzione delle emissioni per passeggero trasportato.

8. Conclusioni

La disponibilità di nuove tecnologie e l'ingente volume di dati disponibili sono i fattori chiave in grado di rivoluzionare la manutenzione nel ventunesimo secolo. Grazie ad una profonda conoscenza ingegneristica e alle potenzialità degli *analytics* e delle tecniche di *data mining*, è possibile analizzare i dati disponibili per predire guasti e riduzioni di performance, identificando al tempo stesso le cause scatenanti, contribuendo quindi a perseguire una strategia atta a migliorare processi e metodi sia costruttivi che manutentivi. Questo conduce all'implementazione di strategie manutentive "su misura", estendendo la vita utile dei componenti, ottimizzando i costi della forza lavoro, ed evitando dispendiosi interventi di manutenzione correttiva.

CORFIATI *et al.* [3] riportano i risultati di diversi studi che dimostrano come la corretta implementazione di una strategia di manutenzione predittiva ferroviaria sia in grado, a parità di impiego del rotabile considerato, di garantire un risparmio compreso tra l'8% ed il 12% rispetto ad una manutenzione programmata a scadenze. Ulteriori indagini indipendenti dagli studi sopra citati [3] mostrano i seguenti risultati indicativi industriali medi su diversi tipi di macchinari e componenti:

- riduzione dei costi di manutenzione: dal 25 al 30%;
- eliminazione dei guasti: dal 70 al 75%;
- riduzione dei tempi di fermo: dal 35 al 45%.

Nell'era dell'*Industrial Internet of Things* sta prendendo piede una *cross fertilization* tra l'ingegneria ferroviaria e l'*Information Technology*, richiedendo l'utilizzo di conoscenze verticalmente integrate che tendono a superare il paradigma dell'ingegneria ferroviaria classica.

Va da sé che la MP possa essere applicata non solo al mondo ferroviario ma, come avviene per un sistema di equazioni differenziali, possa anche essere scalata verso altri settori semplicemente modificando le condizioni al contorno. Infatti, la MP oltre ad essere già usata da decenni nel settore aerospaziale, inizia a trovare applicazione anche su ambiti quali la sanità, l'*automotive*, l'energetico e le telecomunicazioni.

the implementation of the RPM framework. Considering also the additional cash flow derived by the attracted demand, the payback period was reduced to just 3 years. From a transportation engineering point of view, there were several additional benefits:

- *the rail services become more reliable, and customer satisfaction improved;*
- *greater customer satisfaction causes market share to grow, thanks to service reliability of 99,98%;*
- *with fewer unnecessary component upgrades, maintenance costs fall down;*
- *reduced costs can be passed on to passengers in reduced fares and improving ridership, enabling a virtuous circle;*
- *switching from plane to rail mode, there was a reduction of emissions per transported person.*

8. Conclusions

The availability of innovative technologies and the huge amount of data are the key factors able to revolutionizing maintenance in the 21st century. Leveraging deep engineering knowledge and data analytics capabilities, analysis of this data can be utilized to predict component failures and carry out root cause analysis when failures do occur, supporting continuous improving strategies and processes. This leads to tailored maintenance strategy, extending the useful life of components, reducing the labor costs related, and avoiding expensive corrective maintenance.

CORFIATI et al. [3] report the results of several studies that show how the correct implementation of a railway predictive maintenance strategy is able to guarantee savings of between 8% and 12% with respect to scheduled preventive maintenance. Further surveys independent from the above studies [3] show the following average indicative industrial results regarding diverse types of machineries and components:

- *reduction of maintenance costs: from 25 to 30%;*
- *elimination of faults: from 70 to 75%;*
- *reduction in downtime: from 35 to 45%;*

Within the era of the Industrial Internet of Things there is a cross fertilization between railway engineering and Information Technology, and it requires the utilization of vertically integrated knowledge that overtake the paradigms of the classical railway engineering.

It goes without saying that PM can be applied not just to the rail world but, like a system of differential equations, it can also be scaled to different industries just by changing the border conditions. In fact, it can also be applied to other branches, such as healthcare, aerospace and defense, automotive, energy and utilities, and Telco.

BIBLIOGRAFIA - REFERENCES

- [1] LEVITT J., “*Complete Guide to Predictive and Preventive Maintenance*”, Connecticut, USA, 2011.
- [2] SARNATARO A., “*Applicazione di un software relazionale al Sistema informativo della manutenzione*”, *Ingegneria Ferroviaria*, 12/1996.
- [3] CORFIATI M. et al., “*Evolution lines in the maintenance of rolling stock*”, *Ingegneria Ferroviaria*, 09/2011.
- [4] AGNOLI A. et al., “*The benefits of using Trenitalia’s Tele-diagnostic system while operating and during maintenance of the E464 fleet*”, *Ingegneria Ferroviaria*, 05/2014.
- [5] GRUDÉN M., WESTMAN A., PLATBARDIS J., HALLBJORNER P., RYDBERG A., “*Reliability experiments for wireless sensor networks in train environment*”, in *Proc. Eur. Wireless Technol. Conf.*, 2009, pp. 37-40.
- [6] KIM J., LEE K.S., OH J., “*A study on the wireless onboard monitoring system for railroad vehicle axle bearings using the SAW sensor*”, *Sens. Syst. Softw.*, vol. 57, pp. 52-58, 2011.
- [7] NEJIKOVSKY B., KELLER E., “*Wireless communications based system to monitor performance of rail vehicles*”, in *Proc. IEEE/ASME Joint Railroad Conf.*, Newark, NJ, USA, 2000, pp. 111-124.
- [8] WOLFS P., BLEAKLEY S., SENINI S.T., THOMAS P., “*An autonomous, low cost, distributed method for observing vehicle track interactions*”, in *Proc. IEEE/ASME Joint Rail Conf.*, Atlanta, GA, USA, 2006, pp. 279-286.
- [9] GAO C. et al., “*Design of train ride quality testing system based on wireless sensor network*”, in *Proc. Int. Conf. Electron. Mech. Eng. Inf. Technol.*, Harbin, China, 2011, pp. 2636-2639.
- [10] ELIA M. et al., “*Condition monitoring of the railway line and overhead equipment through onboard train measurement-an Italian experience*”, in *Proc. IET Int. Conf. Railway Condition Monitor.*, Birmingham, U.K., 2006, pp. 102-107.
- [11] European Structural Integrity Society – Structural Integrity of railway components (pdf).
- [12] HODGE V. et al. “*Wireless Sensors Networks for Condition Monitoring in the Railway Industry: A Survey*”, *IEEE Transactions on intelligent transportation systems*, vol. 16, n° 3, June 2015.
- [13] DEL GOBBO G. et al., “*The Telediagnostica System for Trenitalia E646 and E405 fleets*”, *Ingegneria Ferroviaria*, 02/2012.
- [14] UMILACCHI P. et al., “*Predictivem maintenance of railway subsystems using an Ontology based modelling approach*”.
- [15] Wylie L., “*A Vision of Next Generation MRP II*”, Scenario S-300-339, Gartner Group.
- [16] OpenFog Reference Architecture for Fog Computing. Source: <https://www.openfogconsortium.org>.
- [17] SMITH Steven W., Chapter 8, “*The Discrete Fourier Transform*”, in *The Scientist and Engineer’s Guide to Digital Signal Processing*, Second, San Diego, Calif., California Technical Publishing, 1999, ISBN 0-9660176-3-3.
- [18] <http://www.fsnews.it/fsn/Gruppo-FS-Italiane/Trenitalia/Trenitalia-internet-of-things-e-big-data-per-la-manutenzione-dei-treni>

Soluzioni avanzate per le Ferrovie

PADIS: il nuovo ed innovativo sistema integrato
per la diagnostica automatica dei pantografi



Know-how per fornire sistemi chiavi in mano nel settore delle
Telecomunicazioni e Telecontrolli.
Sicurezza, Affidabilità, Qualità, Competenza, Puntualità.



www.eletech.it | email: sales@eletech.it



ELETECH
Information and Communication Technology

comunicazioni sicure.

Visita degli studenti di Ingegneria alla galleria del Passante Ferroviario in corso di scavo meccanizzato con TBM

Giuseppe TRAPANI
(Sezione CIFI Palermo)



Fig. 1 - Schema della tratta B del Passante Ferroviario di Palermo.

Continuando a mantenere un costante e fattivo rapporto di collaborazione con i Dipartimenti di Ingegneria, finalizzato alla diffusione delle conoscenze sul trasporto per ferrovia fra le giovani leve professionali, venerdì 23 marzo 2018, la Sezione CIFI di Palermo ha patrocinato la visita alla costruenda galleria di raddoppio del Passante Ferroviario fra la stazione Palermo Notarbartolo e la fermata Belgio.

Con la collaborazione dell'associazione studentesca Rete Universitaria Mediterranea [RUM], il Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale, Aerospaziale e dei Materiali [DICAM] ha organizzato la visita, facilitata dal CIFI nel rapporto con RFI e Italferr, a cui hanno partecipato circa 40 studenti e docenti.

La galleria, che una volta completata sarà lunga 2125 metri, fa parte del cosiddetto Passante Ferroviario, progetto destinato a raddoppiare parte della storica linea Palermo – Trapani, interrandola nel tratto urbano ed eliminando tutti i passaggi a livello, per il collegamento con l'aeroporto Falcone Borsellino e per l'utilizzazione di tipo metropolitano e suburbano. Più in dettaglio, la galleria rientra nella tratta B, intermedia delle tre in cui è stato suddiviso l'intero progetto, dalla stazione Notarbartolo alla fermata La Malfa con la realizzazione delle nuove fermate Lazio e Belgio e l'adeguamento delle esistenti fermate Francia e San Lorenzo (Fig. 1).

La tratta B attraversa la zona nord – ovest della città, sede di impe-

tuoso sviluppo residenziale di tipo pregiato nel corso degli anni '60. In quegli anni per eliminare il passaggio a raso della ferrovia era stata realizzata in trincea la stazione Notarbartolo con uscita per Trapani attraverso una galleria poco profonda al di sotto dell'allora periferica via delle Alpi. A questa si sarebbe dovuto affiancare una nuova galleria a canna singola per il binario di raddoppio, ma l'Amministrazione Comunale ha richiesto una variante con galleria profonda da realizzare in asse a quella già esistente.

Il progetto definitivo prevede che la tratta B, lunga a 5,3 Km, sia realizzata:

- con galleria naturale profonda di 2.1 Km circa, come sede del binario dispari, e utilizzo di quella esistente, come sede del binario pari, da Notarbartolo a Belgio;
- in galleria artificiale per 1,2 Km circa e in trincea per 2 Km da Belgio a La Malfa.

La galleria naturale, oggetto della visita, è in corso di realizzazione quasi interamente con scavo meccanizzato TBM [Tunnel Boring Machine] a circa 30 metri di profondità, rimanendo al di sotto della galleria esistente così come schematizzato nella Fig. 2.

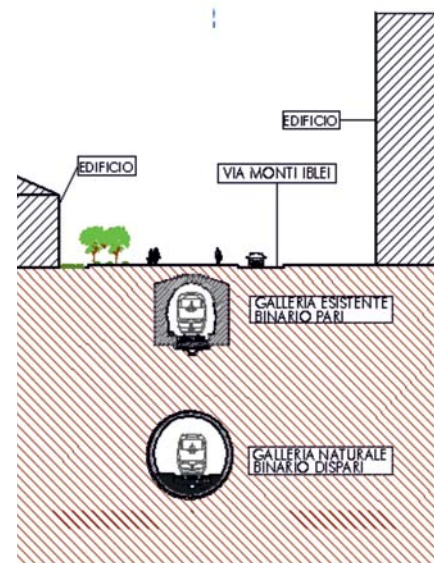


Fig. 2 - Sezione schematica delle gallerie

Durante il briefing sicurezza il Prof. V. LIGUORI, geologo di fama, l'ing. LAQUIDARA di Italferr e l'ing. SCIANGUETTA della Herrenknecht AG, l'azienda specializzata che ha fornito la TBM chiamata Marisol, hanno illustrato ai visitatori il progetto, le caratteristiche del sottosuolo e il funzionamento della talpa meccanica. Particolare attenzione è stata dedicata ai sistemi di monitoraggio per verificare con continuità per mezzo di una rete di sensori che l'azione di scavo non provochi cedimenti in superficie o nella sovrastante galleria del binario pari.

La TBM svolge tutte le fasi per realizzare un tunnel: scavo, estrazione e trasporto all'esterno del materiale, rivestimento. E' un vero cantiere semovente, una specie di treno di 8 veicoli il primo dei quali porta frontalmente la ruota di taglio, disco di circa 10 metri di diametro con relativi utensili, che ruotando sotto una forte spinta esegue lo scavo. Nella Fig. 3 la ruota di Marisol durante il montaggio della TBM nel 2016. Le parti seguenti comprendono tutti i sottosistemi che assicurano l'energia, il corretto avanzamento, il regolare rivestimento dello scavo e l'asportazione dello smarino. Per una sintetica descrizione facciamo riferimento allo schema (Fig. 4) che la Herrenknecht AG pubblica nel proprio sito web <https://www.herrenknecht.com/en/home.html>.

La talpa meccanica Marisol appartiene alla categoria EPB (Earth Pressure Balance Shields) in cui il materiale asportato entra nella camera di scavo attraverso le aperture della ruota di taglio (sezione di colore verde del disegno) mescolandosi a quello già presente fino ad ottenere la consistenza desiderata per diventare un supporto plastico atto a bilanciare la pressione idrostatica e litostatica del fronte di scavo. Quando la pressione dell'impasto nella camera di scavo è uguale alla pressione del terreno circostante e delle acque sotterranee, si raggiunge il necessario equilibrio impedendo l'af-



Fig. 3 - La ruota di taglio all'aperto nel 2016 durante il montaggio della TBM Marisol.

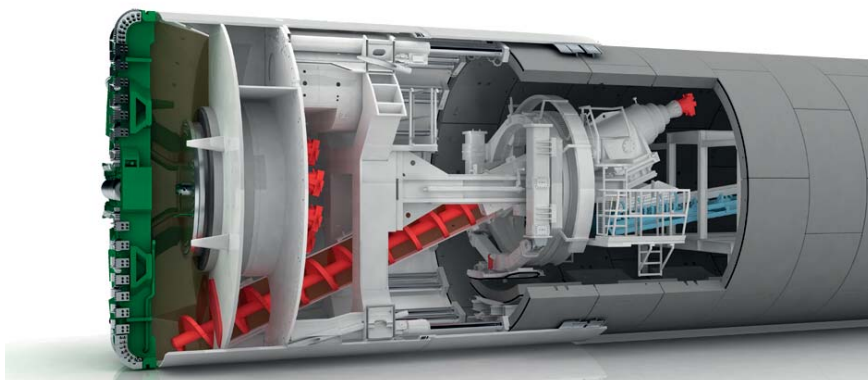


Fig. 4 - Schema TBM EPB di Herrenknecht AG (tratto da www.herrenknecht.com il 29/03/2018).



Fig. 5 - I conci prefabbricati.

flusso incontrollato di terra nella macchina e creando le condizioni per l'avanzamento dello scavo con minimo assestamento. Le suddette pressioni di equilibrio fra fronte scavo e camera nella sonda Marisol raggiungono valori piuttosto elevati, superiori a 2 atm.

Il materiale scavato (smarino) viene estratto dalla camera di scavo pressurizzata per mezzo di una coclea (in rosso nel disegno) e trasportato all'esterno attraverso un nastro trasportatore fissato nella parte superiore del rivestimento.

La parte seguente contiene il cosiddetto "erettore" che ha la funzione di sistemare i conci di 1,5 m prefabbricati del rivestimento (Fig. 5) in numero di sette per l'intera circonferenza, di cui uno avente funzione di chiave. A tergo dei conci viene iniettata a pressione la miscela di intasamento per vincolare il rivestimento e sigillare lo scavo. Sull'ultimo anello di rivestimento agiscono i pistoni che spingono la testa della macchina contro il fronte di scavo.

La macchina lavora secondo la sequenza di scavo per 1,5 m, ritiro dei pistoni di spinta per consentire la collocazione di un anello completo di ri-

vestimento, ripresa dello scavo per un successivo passo. In condizioni ottimali si può avere una produzione vicina a 10 metri per turno di lavoro di 8 ore.

Tutti i visitatori sono rimasti sorpresi dall'aspetto particolarmente rifinito della galleria che la TBM lascia dietro di sé come si può vedere dall'immagine in Fig. 6.

Concludendo la sommaria descrizione della visita, intendiamo ringraziare il Consorzio Stabile SIS, RFI e Italferr per avere reso possibile una iniziativa di elevato valore formativo per i giovani che insieme ai docenti hanno allegramente posato per la foto ricordo (Fig. 7).



Fig. 6 - Interno della galleria.



Fig. 7 - Foto ricordo.

L. Franceschini, A. Garofalo, R. Marini e V. Rizzo
ELEMENTI GENERALI DELL'ESERCIZIO FERROVIARIO
Tradizione, evoluzione, sviluppi
Seconda edizione

Il CIFI ha pubblicato la seconda edizione del libro "Elementi generali dell'esercizio ferroviario". La prima edizione era stata data alle stampe nel 1999. Andata esaurita anche la ristampa, il CIFI ha giustamente ritenuto opportuno, anziché procedere ad un'ulteriore ristampa, di pubblicare una nuova edizione, aggiornando ed integrando i contenuti del testo originario, in base agli sviluppi intervenuti nel frattempo. In effetti gli ultimi quindici anni hanno visto realizzarsi tali e tanti cambiamenti nell'organizzazione, nelle infrastrutture, nelle tecnologie ferroviarie che una semplice rilettura non era sufficiente.

Partendo da tali considerazioni, gli autori di questa seconda edizione, una squadra affiatata ed eterogenea di tre generazioni di ferrovieri, lasciando traccia dell'evoluzione storica, hanno svolto un completo lavoro di revisione ed aggiornamento ma anche di integrazione ed aggiunta di nuove parti. Nella prima edizione il sistema ad Alta Velocità era in fase di progetto, ora è in fase di consolidato esercizio. Il modello di esercizio prevalente era quello in cui le stazioni erano affidate ai "dirigenti movimento", ora sono ampiamente diffusi evoluti sistemi di comando e controllo delle linee che interessano nodi ferroviari e direttrici di traffico.

Per quanto riguarda il materiale rotabile, l'elettronica di potenza e di comando ha definitivamente sostituito la regolazione reostatica e consentito l'adozione generalizzata di motori asincroni trifasi. I sistemi per la ripetizione dei segnali in macchina erano facoltativi, ora i sistemi per la protezione della marcia dei treni sono obbligatori. Inoltre, le Ferrovie italiane si stanno proiettando sempre di più all'estero e non mancano riferimenti e confronti con le ferrovie straniere. Infine l'interoperabilità è anch'essa nel pieno della applicazione pratica, mentre era prima solo accennata come intenzione.

Il volume espone quindi in un quadro ordinato e logicamente articolato gli elementi essenziali, i concetti e le informazioni di base dell'esercizio ferroviario considerato nel suo complesso e nei diversi settori in cui si differenzia.

Nel volume sono inserite, quando opportune, notizie storiche e di costume dell'esercizio ferroviario. Questo consente al lettore di comprendere il perché di certe scelte tecnologiche e normative, quasi sempre dettate dalla necessità di risolvere problematiche magari oggi considerate banali,



ma all'epoca di elevato spessore e sfidanti per coloro che le hanno dovute affrontare e risolvere.

Il volume ha intenti formativi e si indirizza ad una estesa platea di lettori: operatori dell'esercizio ferroviario, professionisti, tecnici, studenti e cultori della materia, rappresentando un'introduzione di base al sistema ferroviario. Il testo comprende tutte le diverse discipline della ferrovia, riportando l'evoluzione e la descrizione degli attuali sviluppi relativi all'infrastruttura, alle tecnologie, al materiale rotabile ed alla normativa.

Il volume costituisce un "classico" del CIFI, in edizione completamente aggiornata e rinnovata, indispensabile per ogni percorso di inquadramento e aggiornamento della materia.

Formato 17x24 cm, 640 pagine, 157 figure in bianco e nero, 120 figure a colori, 42 tabelle.
Prezzo di copertina Euro 40,00 (Sconto del 20% ai Soci CIFI).

Anche il primo quinquennio degli anni '90 è stato per I.F. particolarmente ricco di memorie e numeri speciali caratterizzati da elevato contenuto tecnico e scientifico. È quindi con piacere che la Rivista presenta ai suoi lettori la ormai tradizionale selezione di monografie sui principali argomenti di tecnica ferroviaria trattati in questo periodo.

La Rivista si augura in tal modo di venire incontro, come per il passato, alle esigenze di un'utenza attenta e qualificata, composta da studiosi e professionisti, da uffici e centri studi della industria, delle imprese costruttrici, delle amministrazioni ferroviarie e dei trasporti di massa.

Per ogni argomento sono riportati i nomi degli Autori che vi hanno contribuito, elencati in ordine alfabetico.

Condizioni di pagamento: Versamento in c.c.p. N. 31569007 intestato a "Collegio Ingegneri Ferroviari Italiani" – Via Giolitti, 48 – 00185 ROMA, indicando il titolo delle monografie. Ai Soci CIFI ed ai dipendenti dei Soci Collettivi viene praticato lo sconto del 20% sui prezzi appresso indicati, che sono comprensivi dell'IVA. Le stesse condizioni sono riservate agli studenti universitari, di facoltà tecniche ed economiche, previa presentazione di un certificato di iscrizione all'anno accademico in corso.

Le monografie vengono fornite in estratto originale e, ad esaurimento di questi, in fotocopia.

90.1.1) ARMAMENTO

n. 20 memorie – Autori: Accattatis, Ando, Berardi, Braga, Colella, Coletti, Conti Puorger, Corazza, Corridori, Dolce, Estrades Panades, Innocenti, Liberatore, Lopez Pita, Malavasi, Miliani, Miura, Natoni, Strazzullo, Villatico, Watanabe..... € 42

90.1.2) CORPO STRADALE

n. 5 memorie – Autori: Bregoli, Montepara, Pallotta, Patriarca, Pezzati, Poma, Prati, Randellini, Santagata, Virgili..... € 13

90.1.3) DINAMICA DELLA LOCOMOZIONE

n. 26 memorie – Autori: Antonacci, Bernabei, Bianchi, Bracciali, Bruni, Buonanno, Camposano, Casini, Cheli, Cigada, Ciuffi L., Ciuffi R., Cocciaglia, de Falco, Diano, Di Giangiacomo, Di Trapani, Franchini, Innocenti, Joly, Kajon, Luzi, Maraini, Marchisella, Mele, Miliani, Misano, Mosca, Napoleoni, Natoni, Pizzigoni, Pyrgidis, Pugi, Rissone, Roberti, Scarano, Strazzullo, Superti Furga, Tacci, Tassini, Testa, Tosi Cambini, Vandi, Ventura € 52

90.1.4) FABBRICATI VIAGGIATORI

n. 3 memorie – Autori: Bertagna, Boccalaro, Da Ros, Falleni, Gusman, Pagone € 8

90.1.5) METROPOLITANE E SUBURBANE

Descrizioni e Problemi

n. 4 memorie – Autori: Argenziano, De Risi, Falcone, Ignaccolo, Piccoli, Santorini, Vocca..... € 8

90.1.6) PIANIFICAZIONE DEI TRASPORTI

n. 6 memorie – Autori: Castelletti, Del Sole, Fadda, Montella, Torriani, Trevisan, Vescovi, Vuchic € 13

90.1.7) PONTI E VIADOTTI

n. 21 memorie – Autori: Angeleri, Braga, Chiarugi, Cocciaglia, Colella, Conti Puorger, D'Amato, De Miranda, Di Trapani, Dolce, Gori, Levrero, Liberatore, Rabaioli, Scatagliani, Tisalvi, Traini, Villatico € 42

90.1.8) PROBLEMI DELLE GRANDI STAZIONI

n. 12 memorie – Autori: Camposano, Corazza, Giovine, Innocenti, Leonardi, Malavasi, Musso, Pandolfo, Pezzati, Poli, Potenza, Rota, Serra, Spadolini, Valdambri, Ventre..... € 21

90.1.9) PROGETTAZIONE DEI ROTABILI

n. 14 memorie – Autori: Amici, Bergstromm, Bracciali, Camposano, Caroti, Casini, Cresti, Diener, Di Ruzza, Frediani, Gherardi, Ghidini, Gugliesi, Iacobini, Marini, Müller, Panagin, Pecorini, Perilli, Poutamen, Rahn, Rinaldi, Rissone, Rossi, Scepi..... € 23

90.1.10) PROGETTI E REALIZZAZIONI FERROVIARIE IN ITALIA

n. 35 memorie – Autori: Abbruzzese, Abruzzo, Antonacci, Bernabei, Bianchi, Bonora, Buonanno,

Carandini, Casini, Cavagnaro, Cheli, Cocciaglia, Coli, Di Giangiacomo, Di Trapani, Franchini, Incalza, Innocenti, Kajon, Luzi, Maraini, Marchisella, Mele, Misano, Misiti, Mosca, Napoleoni, Natoni, Paci, Pagone, Pandolfo, Pezzati, Pugi, Rizzotti, Roberti, Romei, Scarano, Serra, Spadolini, Tassini, Testa, Tosi, Cambini, Ventura € 52

90.1.11) PROGETTI E REALIZZAZIONI FERROVIARIE ALL'ESTERO

n. 14 memorie – Autori: Bauducco, Burgio, Butini, Cappelli, Cirillo, Fagotto, Jolivet, Laganà, Liuzza, Manuelli, Orlandi, Pecorini, Perilli, Pezzati, Piccinini, Santoro, Semrau, Spirito, Vocca € 23

90.1.12) SEGNALAMENTO E SICUREZZA

n. 7 memorie – Autori: Canciani, Guaragna, Guida, Maraschini, Minna, Naglieri, Pappalardo, Rizzo, Vernazza, Violi, Zunino € 11

90.1.13) TELECOMUNICAZIONI

n. 2 memorie – Autori: Di Mario, Martorana € 5

90.1.14) TRAM E FILOBUS

n. 7 memorie – Autori: Cheirasco, Cirenei, Giorgetti, Marini, Muscolino, Pontanari, Viganò € 16

90.1.15) TRASPORTI INTERMODALI

n. 3 memorie – Autori: Malavasi, Maluta, Musso, Salatiello € 8

90.1.16) TRAZIONE ELETTRICA

a) Impianti

n. 17 memorie – Autori: Bianchi, Brandani, Buonanno, Capasso, Celentano, Cesario, Fumi, Gaiga, Galeotti, Ghiara, Giorgi, Guidi Buffarini, Iacomì, Janes, Invernizzi, Lamedica, Luzi, Mayer, Morelli, Panza, Perticaroli, Romano, Salvatori, Spadini, Tacci, Toni, Toschetti, Vandi..... € 36

b) Materiale rotabile

n. 7 memorie – Autori: Antonacci, Attaianese, Bianchi, De Luca, Flego, Framba, Ghislanzoni, Lanzavecchia, Luzi, Pagano, Pastena, Rizzi, Tassini, Vitrano € 16

90.1.17) ESERCIZIO FERROVIARIO – CIRCOLAZIONE – NORMATIVA

n. 15 memorie – Autori: Accattatis, Barbato, Canciani, Cirillo, Corazza, Fumi, Galaverna, Giovine, Leonardi, Malavasi, Marini, Melani, Musso, Petrilli, Potenza, Ricci, Rizzotti, Romano, Rota, Sciuotto, Ventre € 29

90.1.18) IMPATTO AMBIENTALE

n. 3 memorie – Autori: Bracciali, Ciuffi L., Ciuffi R., Cornellini, Scarano € 8

90.1.19) STORIA DELLE FERROVIE

n. 15 memorie – Autori: Bianchi, Calzolari, Carli, Cuttica, Di Majo, Giosia, Giovene, Laget, Lanino, Pacetti, Pini, Santoro, Velani € 39

Anche il secondo quinquennio degli anni '90 è stato per I.F. particolarmente ricco di memorie e numeri speciali caratterizzati da elevato contenuto tecnico e scientifico. È quindi con piacere che la Rivista presenta ai suoi lettori la ormai tradizionale selezione di monografie sui principali argomenti di tecnica ferroviaria trattati in questo periodo.

La Rivista si augura in tal modo di venire incontro, come per il passato, alle esigenze di un'utenza attenta e qualificata, composta da studiosi e professionisti, da uffici e centri studi della industria, delle imprese costruttrici, delle amministrazioni ferroviarie e dei trasporti di massa.

Per ogni argomento sono riportati i nomi degli Autori che vi hanno contribuito, elencati in ordine alfabetico.

Condizioni di pagamento: Versamento in c.c.p. N. 31569007 intestato a "Collegio Ingegneri Ferroviari Italiani" – Via Giolitti, 48 – 00185 ROMA, indicando il titolo delle monografie. Ai Soci CIFL ed ai dipendenti dei Soci Collettivi viene praticato lo sconto del 20% sui prezzi appresso indicati, che sono comprensivi dell'IVA. Le stesse condizioni sono riservate agli studenti universitari, di facoltà tecniche ed economiche, previa presentazione di un certificato di iscrizione all'anno accademico in corso.

Le monografie vengono fornite in estratto originale e, ad esaurimento di questi, in fotocopia.

90.2.1) ARMAMENTO

n. 11 memorie – Autori: Accattatis, Ando, Bracciali, Bruni, Cascini, Cheli, Coletti, Collina, Corridoni, Diana, Estrade Panades, Hansaka, Kubomura, Lopez Pita, Malavasi, Mifune, Natoni, Phillips, Rieger, Romani, Sappino, Sheen, Wenty € 31

90.2.2) CORPO STRADALE

n. 13 memorie – Autori: AA.VV., Bono, Calzona, Clemenza, Colella, Coli, Dagrada, Del Grosso, Di Giangiacomo, Dolara, Gervasi, Lunardi, Marchese, Marino, Misiti, Modugno, Monaco, Persia, Pezzati, Poma, Rocchia, Sdoga, Steiner € 37

90.2.3) DINAMICA DELLA LOCOMOZIONE

n. 11 memorie – Autori: Baron, Bourguet, Bracciali, Cascini, Corazza, Corona, Joly, Licciardello, Losi, Malavasi, Mancini, Marcone, Orso, Panagin R., Panagin F., Pau, Pier, Redko, Serebryanyi, Ushkalov, Vedani, Vigliani € 31

90.2.5) METROPOLITANE E SUBURBANE

n. 25 memorie – Autori: Abbadessa, Adinolfi, Barra Caracciolo, Beltrame, Botti, Castelli, Ceron, Cirenei, Corazza, Dellasette, Di Mario, D'Ovidio, Fadda, Farnè, Fiocca, Giovine, Kluzer, Lamedica, Liberatore, Mazzei, Mihailescu, Moschi, Ogliari, Pastorelli, Perticaroli, Petruccelli, Pezzati, Prudenzi, Simut € 52

90.2.6) PIANIFICAZIONE DEI TRASPORTI

n. 32 memorie – Autori: Abbadessa, Andronico, Astengo, Basoli, Baudà, Baumgartner, Bernard, Bonora, Brandi, Cavagnaro, Cesetti, Cirillo, Collevicchio, Crotti, De Lazzari, Ferretti, Galaverna, Heinisch, Imovilli, Incalza, Laganà, Larssons, Lucarno, Maestrini, Maraini, Morasso, Necci, Papaioannou, Pavone, Pronello, Rizzotti, Sciarrone, Sciutto, Spirito, Walrave, Welsby, Winter € 62

90.2.9) PROGETTAZIONE DEI ROTABILI

n. 22 memorie – Autori: Barberis, Belmonte, Biagi, Burchi, Campion, Caravello, Cau, Cavaliere, Coldewey, Cremonini, De Curtis, Di Majo, Dondolini, Feuerstack, Frediani, Fumero, Grenier, Kure, Labbadia, Maestrini, Margheri, Mattioli, Mignardi, Monfardini, Nerozzi, Olivo, Panagin, Perissinotto, Piro, Rogione, Sarnataro, Skiller, Spirito, Testart, Vitali, Zanuttini € 52

90.2.11) PROGETTI E REALIZZAZIONI FERROVIARIE

n. 39 memorie – Autori: Aliadiere, Alei, Banelli, Bartolini, Berardi, Betti, Brandani, Briganti, Burgio, Cavagnaro, Cavallone, Corsi, De Dominicis, De Falco, De Rita, Di Majo, Fagotto, Fedele, Fernandez Gil, Fumi, Gavarini, Gattuso, Giambartolomei, Gusman, Incalza, Jänsch, Laganà, Latorre, Lazzari, Liuzza, Mancini, Manganella, Maraini, Marchetti, Marchisella,

Marzullo, Mattioli Guidarelli, Misiti, Monorchio, Nicchiniello, Orlandi, Pagani, Paoletti, Pasquali, Pedicini, Petriccione, Ricceri, Rizzardi, Sarnataro, Savini Nicci, Sciutto, Simonini, Traverso, Vaciago, Vicentini, Walrave € 78

90.2.12) SEGNALAMENTO E SICUREZZA

n. 19 memorie – Autori: Altamura, Ansuini, Berieau, Berlincioni, Biagiotti, Boccalaro, Capparella, Carganico, Cesario, Colella, Conti Pourger, Filippini, Firpo, Foschi, Fossati, Francone, Freneaux, Galaverna, Guasconi, Guido, Idili, Malaspina, Marino, Morzenti, Mosca, Patrignani, Penna, Petrilli, Pezzati, Poggio, Ricci B., Ricci S., Schreiber, Scordato, Stafferini, Vocca € 42

90.2.14) TRAM E FILOBUS

n. 4 memorie – Autori: Ferrari, Moriconi, Muller, Paci, Pendenza, Rossetti € 11

90.2.15) TRASPORTI INTERMODALI

n. 3 memorie – Autori: Massa, Mazzarino, Monticelli, Trevisan € 8

90.2.16) TRAZIONE ELETTRICA

a) Impianti

n. 35 memorie – Autori: Alberizzi, Antonacci, AA.VV., Bandinelli, Bazzoni, Benedetto, Bessi, Biondi, Capasso, Carlà, Cavallero, Cesario, Chiesa, Ciaccio, Conti, Cosulich, D' Ajello, De Boni, Fasciolo, Ferrazzini, Fumi, Galaverna, Gentile, Ghiara, Giorgi, Grandolfo, Guidi Buffarini G., Guidi Buffarini G., Iacomi, Illiceto, Laganà, Lamedica, Lazzari, Litardi, Monducci, Morelli, Pagnucci, Panaro, Paris, Pasquali, Pedeferrri, Pellerano, Perniceni, Prudenzi, Puliaatti, Redaelli, Ricci, Solbiati, Tartaglia, Vecchia, Ventura, Zilembo € 78

b) Materiale rotabile

n. 8 memorie – Autori: Carillo, Cesario, Cheli, Cirenei, Diana, Di Matteo, Miotto, Mugnano, Paci, Palazzini, Piro, Resta, Saviano, Ventura € 26

90.2.17) ESERCIZIO FERROVIARIO – CIRCOLAZIONE – NORMATIVE

n. 16 memorie – Autori: Baione, Canciani, Ciaccio, Ciuffini, Cozzi, Framba, Galaverna, Gattuso, Lamedica, Lanzavecchia, La Volpe, Longo, Malaspina, Malavasi, Melani, Milazzo, Ricci, Reitani, Rota, Saffi, Sarnataro, Sciutto, Sposito, Zanolin € 39

90.2.18) IMPATTO AMBIENTALE

n. 9 memorie – Autori: Barbera, Boccalaro, Canale, Capoccia, Cornelini, Ceravolo, De Leo, Dianda, Galaverna, Giuliattini Burbui, Licitra, Masoero, Palmeri, Paoli, Papi, Petrella, Piroli, Pisani, Sauli, Sciutto, Tartaglia € 26

90.2.19) STORIA DELLE FERROVIE

n. 5 memorie – Autori: Buratta, Cirillo, Orfei € 13

Notizie dall'interno

Massimiliano BRUNER

TRASPORTI SU ROTAIA

Piemonte: approvata la Variante di cantierizzazione del tunnel di base in Italia della Torino-Lione

Via libera del Comitato interministeriale per la programmazione economica al progetto di Variante di cantierizzazione per la parte italiana della sezione transfrontaliera della Torino-Lione.

Il Cipe ha approvato la Variante al progetto definitivo che risponde alla prescrizione 235 del 2015 con cui lo stesso Comitato chiedeva di studiare una localizzazione alternativa dei cantieri del tunnel di base del Moncenisio sul versante italiano per motivi di sicurezza.

Con questa delibera del Cipe si concludono tutti gli atti approvativi della Torino-Lione in Italia e in Francia.

Il nuovo progetto prevede lo spostamento dell'area principale dei lavori da Susa a Chiomonte, dove sarà ampliato il cantiere per la costruzione del cunicolo esplorativo della Maddalena il cui scavo è terminato a febbraio 2017. Le modifiche al progetto definitivo prevedono l'eliminazione di ogni lavorazione in Val Clarea e di 6 km di cavidotto, la riduzione della durata dei successivi cantieri nella Piana di Susa e la realizzazione della fabbrica dei concii a Salbertrand, dove oltre il 60% del materiale estratto nei lavori sarà trasformato in rivestimenti di calcestruzzo per il tunnel di base e in materiali per i rilevati ferroviari.

Si entra così a pieno titolo nella fase realizzativa dell'opera anche in Italia (*Comunicato stampa TELT*, 21 marzo 2018).

Abruzzo, Liguria, Marche, Veneto: 54 treni regionali POP

Alstom si è aggiudicata quattro contratti del valore di circa €330 milioni da Trenitalia per la fornitura di 54 treni regionali Coradia Stream che saranno in circolazione nelle regioni Abruzzo (4 treni), Liguria (15 treni), Marche (4 treni) e Veneto (31 treni). Queste nuove commesse sono parte dell'accordo quadro firmato nell'agosto 2016 da Alstom e Trenitalia. I 54 POP si aggiungono ai 47 già ordinati dalla Regione Emilia Romagna nel 2016.

Il treno Coradia Stream, battezzato come "POP" dal cliente Trenitalia è l'ultima generazione dei treni progettati per linee regionali e che collegano più città. E' un treno a unità elettrica multipla (EMU) che raggiunge una velocità massima di

160 km/h nella sua versione regionale. Il treno ordinato da Trenitalia può trasportare più di 300 passeggeri seduti ed è di facile accesso grazie all'ingresso "a raso" del marciapiede. Progettato per essere ecologico è riciclabile al 95%.

"Siamo molto lieti che Trenitalia e le Regioni Abruzzo, Liguria, Marche e Veneto abbiano rinnovato la loro fiducia nella famiglia dei treni regionali Coradia di Alstom e ci auguriamo di ottenere presto la fiducia anche di altre Regioni. "Pop" è stato molto apprezzato dalle autorità locali e dai passeggeri che hanno potuto ammirarlo in anteprima, visitando il modello in scala reale, durante le tappe del road show #lamusicastacambiando nelle principali città italiane" ha dichiarato M. VIALE, amministratore delegato e direttore generale di Alstom in Italia.

Coradia Stream può essere facilmente adattato per le diverse tipologie di servizio. Gli interni e la disposizione dei sedili possono essere modificati a seconda delle esigenze, per esempio con più sedili nei percorsi più lunghi o con più spazi in piedi per viaggi più brevi. Gli interni possono essere adattati in base alle stagioni o a particolari bisogni: è possibile, infatti, aggiungere rastrelliere per le biciclette o per gli sci, connes-



(Fonte: Alstom)

Fig. 1 - Il mock-up del nuovo materiale rotabile per il trasporto regionale di Trenitalia in mostra a Verona.

sione Wi-Fi, distributori di bibite e snack, aree multimediali e zone di lavoro o relax. A bordo del nuovo treno, i finestrini più larghi offrono una maggiore illuminazione e la percezione di maggiore spazio e comodità. Servizi avanzati di infotainment, audio e video così come di video sorveglianza "live" assicurano comfort e sicurezza.

I treni Coradia Stream "POP" sono prodotti da Alstom in Italia. Lo sviluppo del progetto, la produzione e la certificazione sono fatte nel sito di Alstom di Savigliano (CN). La progettazione e la produzione dei sistemi di trazione e altri componenti nello stabilimento di Sesto San Giovanni (MI) e i sistemi di segnalamento di bordo sono affidati al sito di Bologna (*Comunicato Stampa Alstom*, 26 marzo 2018).

TRASPORTI URBANI

Roma: Atac, pagare il biglietto e la sosta non è mai stato così facile

Atac riparte puntando sull'innovazione a vantaggio dei clienti e dell'efficienza. L'azienda ha presentato quattro nuovi prodotti che rappresentano un altro passo concreto nell'attuazione del piano industriale, dove si prevede di migliorare gli esistenti canali di vendita e aprirne di nuovi, in particolare anche attraverso lo sviluppo di sistemi di pagamento più facili da utilizzare e vicini al cliente. La nuova offerta di Atac spazia dall'acquisto multiplo di BIT tramite smartphone al pagamento della sosta tramite carta di credito, fino alle innovative chip on paper ricaricabili e al nuovissimo portale dei vantaggi, con offerte riservate agli abbonati. I nuovi strumenti sono stati presentati dal Presidente di Atac, P. SIMIONI, nel corso di un incontro alla Stazione Termini al quale hanno partecipato la Sindaca V. RAGGI, l'Assessore alla Città in Movimento di Roma Capitale, L. MELEO e il Presidente della Commissione Mobilità di Roma Capitale E. STEFANO.

- B+, la nuova vitamina del trasporto.

Atac ha realizzato un importante upgrade del sistema che consentiva l'acquisto di titoli di viaggio attraverso lo smartphone. Adesso con la nuova piattaforma B+ sarà possibile acquistare e utilizzare contemporaneamente fino a 20 BIT in un'unica transazione, anche in modalità multiuso per famiglie e gruppi. Grazie alla collaborazione con Mastercard e myCicero tutta la rete di trasporto Atac sarà fornita di validatori che consentiranno di utilizzare lo smartphone. La vendita dei titoli avviene attraverso la piattaforma informatica dei gestori.

- Una nuova card per dematerializzare i BIT.

Atac ha messo in commercio al costo di un euro una nuova contactless card dove si possono caricare i BIT e i titoli turistici di 24/48/72 ore e CIS (titolo settimanale). E' il primo passo verso la dematerializzazione dei titoli di viaggio, ossia la sostituzione dei titoli cartacei, che comunque rimarranno in commercio, con supporti di tipo chip on paper, più sostenibili e moderni. Anche i titolari delle altre card Atac (Metrebus Red e la èRoma) potranno caricare BIT e titoli turistici. Entro la fine di giugno 2018 su tutte le card Atac sarà possibile caricare un carnet di BIT. La soluzione ideale per chi usa saltuariamente il trasporto pubblico.

- Pay&GO: i parcometri factotum.

È iniziato il potenziamento di circa 1.000 nuovi parcometri, sui 2.500 esistenti, che consentirà nello spazio di pochi mesi di trasformare queste apparecchiature in strumenti multifunzionali di ricarica e di pagamento. Sarà possibile pagare la sosta, compresi gli abbonamenti mensili della sosta da 70 euro, ma anche le sanzioni per il trasporto pubblico elevate da Atac. Soprattutto, sarà possibile ricaricare le card Atac acquistando titoli di viaggio. Ciò consentirà all'azienda di aumentare significativamente i propri punti di ricarica, arrivando a un sostanziale raddoppio, dagli attuali 1.200 a 2.200.

Nella prima fase, che si avvia da domani e sarà completata entro un mese, si potrà effettuare il pagamento della sosta inserendo il numero di targa e non sarà più necessario tornare nell'auto per esporre il tagliando. Con i nuovi parcometri sarà anche possibile gestire la sosta da un qualsiasi altro parcometro Pay&Go sul territorio per riattivare il tempo di sosta scaduto. Inoltre sarà possibile effettuare il pagamento anche con carta di credito e carta prepagata. Una notevole semplificazione per il cittadino. La seconda fase dell'upgrade, che vedrà l'attivazione di tutti gli altri servizi, (acquisto degli abbonamenti per la sosta, pagamento sanzioni del trasporto e ricarica card Atac) avverrà nel corso del 2018.

- Atac: +vantaggi per fidelizzare i clienti.

Da oggi tutti gli abbonati potranno iscriversi al nuovo portale a loro dedicato che ospita centinaia di offerte di beni e servizi a prezzi vantaggiosi. Il nuovo portale (vantaggi.atac.roma.it) permetterà ad abbonati annuali e mensili di utilizzare sconti esclusivi sui più importanti brand di shopping, nazionali e internazionali, oltre all'offerta romana di cultura e tempo libero. Atac più facile conviene innanzitutto a chi si abbona. Ha detto il Presidente Atac, P. SIMIONI. "Quando sono arrivato in Atac, la prima preoccupazione è stata impostare un forte intervento sul debito per ridare ossigeno alla cassa e superare la crisi finanziaria. Contemporaneamente, però, ci siamo messi al lavoro per definire le linee guida del percorso di risanamento e, tra quelle fondamentali, abbiamo subito puntato sull'aumento dei ricavi attraverso il miglioramento del servizio di trasporto offerto e l'incremento delle vendite di biglietti, stimolato dalla nuova domanda che intendiamo attrarre e dalla facilità di accesso ai canali di vendita. Tutto questo può avvenire con più rapidità ed efficacia grazie alle possibilità che oggi offre la tecnologia. Le novità che presentiamo oggi nascono da questa visione.

Si tratta di quattro strumenti che miglioreranno il rapporto tra il cliente

te e il servizio offerto. Ma le parole chiave, in realtà, sono però soltanto tre: dematerializzazione, facilità, fidelizzazione. Con la dematerializzazione del biglietto sarà possibile ricaricare l'intera offerta di viaggio Atac su una tessera elettronica. La rivisitazione e riposizionamento del servizio di acquisto con smartphone ci ha portato al nuovo "B+ - la nuova vitamina del trasporto", che consentirà l'acquisto multititolo e l'estensione del servizio a tutta la rete Atac. Una straordinaria facilitazione per i nostri clienti. Atac Vantaggi sarà il nostro strumento di fidelizzazione degli abbonati. L'upgrade di 1.000 parchimetri renderà molto più facile pagare la sosta e dotarsi di titoli di viaggio. I punti di ricarica dei titoli di viaggio Atac aumenteranno in tal modo quasi del 100 %, da 1200 a 2200. Entro la fine dell'anno sarà possibile inoltre pagare anche le sanzioni da tpl: un'altra facilitazione. Queste innovazioni incontrano la domanda di segmenti di clientela in crescita, sia abituale che turistica e/o non ricorrente, con ricadute positive sulla qualità del sistema di trasporto, sui ricavi dell'azienda e, in generale, per la mobilità di Roma Capitale e tutti gli stakeholder. Sarà molto più difficile sostenere che è complicato procurarsi il biglietto per il bus o pagare la sosta. E rendere l'acquisto più facile significa anche minore evasione. Il lancio di questi nuovi strumenti rappresenta un risultato molto importante e un ulteriore passo avanti nel percorso di digitalizzazione e rilancio di Atac. Abbiamo ancora molto su cui lavorare, ma siamo sulla strada giusta" (*Comunicato Stampa ATAC*, 09 Aprile 2018).

Milano: ATM, in servizio il primo bus elettrico

Il mezzo darà il via alla nuova filosofia del trasporto pubblico milanese. Entro fine anno 25 nuovi mezzi, inizialmente sulla linea 84, per un investimento di € 14 milioni. In servizio il primo bus elettrico acquistato da Atm che rientra nel lotto di 25 bus ordinati dall'Azienda. Un investimento di 14 milioni di euro per

iniziare il rinnovo e la conversione all'elettrico della flotta di superficie.

I primi 25 autobus saranno consegnati in 2 lotti: il primo da 10 veicoli sarà concluso entro metà aprile, mentre il secondo da 15 veicoli sarà consegnato a partire da ottobre, per concludersi entro fine anno. I primi 10 bus entreranno in servizio sulla linea 84 che percorre la tratta San Donato M3-Largo Augusto.

Questo è solo il primo passo di un progetto di rinnovo della flotta che prevede entro la fine di quest'anno l'avvio di una gara per ulteriori 175 bus elettrici.

Nei prossimi 10 anni - anche alla luce dei finanziamenti approvati dal Governo e dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti dedicati proprio al Tpl a favore della sostenibilità ambientale - Milano vedrà 1 miliardo di euro in investimenti solo sull'elettrico, di cui Atm ne sostiene la metà con risorse proprie.

Come annunciato lo scorso dicembre il piano dell'Azienda è molto ambizioso e punta ad acquistare dal 2020 solo ed esclusivamente mezzi elettrici, anticipando di cinque anni gli impegni presi a Parigi dal Sindaco di Milano G. SALA al vertice Together 4 Climate del network C40 Cities. L'obiettivo dichiarato è quello di arrivare, entro la fine del 2030, a una flotta composta da 1.200 bus elettrici. Atm renderà concreto l'impegno

al C40 di avere una Zero Emission Zone, anzi, andrà oltre, perché tutta la sua flotta sarà elettrica, anche quella che servirà le periferie. Inoltre, tutti i depositi saranno riconvertiti, e verranno costruite ex-novo tre strutture innovative.

- **Caratteristiche dei nuovi bus elettrici**

I 25 nuovi bus elettrici da 12 metri, che percorreranno le strade milanesi, sono stati acquistati a seguito di procedura di gara ad evidenza pubblica che ha visto l'aggiudicazione a Solaris Bus & Coach SA. Sono mezzi dotati di impianto di climatizzazione, videosorveglianza e postazione per il trasporto dei disabili senza elevatore grazie al pianale integralmente ribassato. Le nuove vetture sono in linea con i programmi di contenimento delle emissioni relative alla flotta da impiegare nel Tpl dell'area urbana di Milano, e sono alimentate da batterie con tecnologia al litio-ferro-fosforo (con capacità complessiva di 240 kWh) che garantiscono un'autonomia di circa 180 km e senza la produzione di alcun tipo di emissione inquinante (zero particolato, zero ossidi di azoto, zero monossido di carbonio, zero idrocarburi incombustibili). La ricarica delle batterie avviene in circa 5 ore al rientro in deposito, grazie a una colonnina di ricarica con potenza di 80 kW. (*Comunicato Ufficio Stampa Atm*, 27 marzo 2018).



(Fonte: ATM)

Fig. 2 - Il nuovo Bus Elettrico di ATM in esercizio.

Brescia: accordo Brescia Mobilità e FSI

È stato siglato l'accordo di collaborazione tra Brescia Mobilità e Ferrovie dello Stato Italiane per la preparazione di un project financing per la realizzazione e la gestione delle due nuove linee di tram di Brescia.

Una intesa importante, finalizzata a unire le migliori energie delle due società per arrivare, in tempi brevi, alla realizzazione di questo nuovo ed importante traguardo per le infrastrutture della città di Brescia puntando sempre più a una mobilità sostenibile.

Alla presenza del sindaco Emilio Del Bono, l'amministratore delegato e direttore generale di FS Italiane R. MAZZONCINI e il presidente di Brescia Mobilità C. SCARPA hanno firmato il documento, che dà ufficialmente il via alle attività operative.

“Il protocollo d'intesa firmato oggi con Brescia Mobilità è un passo ulteriore nella realizzazione del piano industriale del Gruppo FS che mette le città, con le loro aree urbane e metropolitane, al centro dell'ecosistema della mobilità – ha dichiarato R. MAZZONCINI amministratore delegato e direttore generale di FS Italiane –. Un percorso iniziato con l'acquisizione del 36,7 per cento di M5 SpA, la società concessionaria della metropolitana Lilla (linea 5) di Milano, proprio per recuperare il gap che le città italiane hanno nei confronti delle altre città europee. L'accordo fra FS Italiane e Brescia Mobilità – ha aggiunto MAZZONCINI – ha tutte le potenzialità per far diventare la città di Brescia un modello di mobilità collettiva, integrata e sostenibile. La proposta di realizzare la tramvia Pendolina-Centro – Fiera e Valcamonica – Centro – Bornata, sottolinea la necessità di promuovere e sviluppare in Italia nuovi investimenti per realizzare infrastrutture nei centri urbani. Noi lo stiamo facendo – ha concluso l'ad di FS Italiane – mettendo a disposizione l'esperienza, la solidità finanziaria, tutto il know-how tecnologico e le conoscenze tecniche del Gruppo FS per sviluppare le reti me-

ropolitane e rendere sempre più competitive le città italiane e l'intero Paese”.

Grande soddisfazione viene espressa anche dal Presidente di Brescia Mobilità, C. SCARPA, che dichiara: “La firma di oggi ha un significato fondamentale sia per Brescia Mobilità che per la città di Brescia. La nostra società si è conquistata sul campo, con l'impegno, l'esperienza e le competenze, un ruolo di primo piano nella gestione del sistema integrato di mobilità bresciano, favorendone l'esistenza e la crescita, e ora l'accordo con FS apre la strada a una nuova sfida per l'intero nostro Gruppo. Il progetto dei tram può rappresentare per Brescia un nuovo importante volano di crescita e sviluppo, che potrà andare oltre l'ambito della mobilità, e siamo orgogliosi di portare il nostro contributo in questa nuova impresa bresciana”.

Entro dicembre l'Amministrazione Comunale dovrà inviare a Roma, al Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, la richiesta per accedere ai fondi statali destinati a finanziare tramvie e metropolitane. I tracciati sono quelli indicati all'interno del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (PUMS) – che individua proprio nelle due linee di tram uno dei futuri pilastri dell'evoluzione del sistema di mobilità cittadino: Pendolina – Centro – Fiera la prima linea, che collegherà l'Oltremella con la Fiera; Valcamonica Centro – Bornata la seconda, che coincide con il percorso che da via Vallecamonica arriva a viale Bornata passando per centro e stazione.

Oggi il sistema di trasporto pubblico di Brescia conta 54 milioni di passeggeri, dopo aver fatto registrare, grazie all'avvio della metropolitana, un +31% in soli 5 anni, un risultato straordinario che colloca Brescia al di sopra di qualsiasi altra realtà nazionale. I tram, andando a servire le zone oggi lontane dal tracciato della metropolitana, rappresenterebbe un nuovo fondamentale tassello di un disegno che sempre di più vuole avere carattere sistemico e in-

tegrato, nell'ottica di offrire alla clientela un mix di offerta capace di soddisfare completamente una domanda eterogenea e variegata.

In questa prospettiva, il Gruppo Brescia Mobilità che oggi gestisce l'intero sistema integrato di mobilità urbana – un unicum nel panorama italiano – si candida a svolgere un ruolo di primo piano anche nella fase di progettazione, realizzazione e gestione del nuovo mezzo di trasporto. Ferrovie dello Stato Italiane rappresenta un partner strategico per l'intera operazione, sia per le competenze e l'esperienza tecnica che è in grado di mettere in campo, sia per l'impegno nell'opera di infrastrutturazione delle aree metropolitane e dei centri urbani per il quale il Piano Industriale di FS prevede 2,3 miliardi di euro di risorse disponibili per cofinanziare le opere in ottica di project finance.

Brescia si avvia così su una nuova, ambiziosa strada, puntando su innovazione e tecnologia, che potrà portare all'intera città e a tutti coloro che la abitano e la frequentano, un servizio di mobilità ancora più efficiente e dunque infine una migliore qualità della vita (*Comunicato Stampa Brescia Mobilità*, 29 marzo 2018).

TRASPORTI INTERMODALI

Nazionale: da ottobre con Mercitalia Fast le merci viaggeranno ad alta velocità

Merci trasportate ad alta velocità con un servizio rapido, puntuale ed ecologico, utilizzando la rete AV/AC italiana. È l'obiettivo di Mercitalia Fast, il nuovo servizio “cargo all freight” del Polo Mercitalia (Gruppo FS Italiane) effettuato con treno ETR 500. Mercitalia Fast sarà operativo da ottobre 2018, sulla relazione Caserta - Bologna e viceversa, dai terminal Caserta Marcianise e Bologna Interporto. Tempo di viaggio 3 ore 20 minuti a una velocità media di 180 chilometri orari, da origine a destinazione. Il nuovo servizio e i risultati operativi del primo anno di attività del Polo Mercitalia sono stati illu-

strati a Milano da R. MAZZONCINI Amministratore Delegato e Direttore Generale del Gruppo FS Italiane, I. SONCINI Presidente di Mercitalia Logistics e M. GOSSO Amministratore Delegato di Mercitalia Logistics. Presente M. MARESCA membro della struttura tecnica di missione del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti. “Nel suo primo anno di attività il Polo Mercitalia – ha sottolineato R. MAZZONCINI, AD di FS Italiane – ha centrato i risultati economici e industriali ottenuti, sia in termini di investimenti effettuati sia per quanto riguarda gli obiettivi indicati nel Piano industriale 2017-2026. Abbiamo così dato avvio al rilancio del settore merci e logistico in Italia e all'estero. La ristrutturazione e la riorganizzazione delle realtà industriali cargo e logistica del Gruppo – ha continuato MAZZONCINI – ha generato minori sovrastrutture operative e una maggiore efficienza produttiva. Nel settore, poi, abbiamo previsto 1,5 miliardi di euro in dieci anni. In un anno abbiamo già attivato investimenti per 500 milioni di euro che, grazie al rafforzamento dell'intermodalità e allo sviluppo dei mercati con offerte di trasporto merci ad alto valore aggiunto, ci porteranno a raggiungere nel 2026 ricavi per 2,1 miliardi”. “Con il nuovo servizio Mercitalia Fast utilizzeremo la rete Alta Velocità/Alta Capacità anche per il trasporto merci”, ha evidenziato M. Gosso AD di Mercitalia Logistics. “Il nostro obiettivo è offrire un servizio su misura ai clienti che devono consegnare la merce in modo rapido, affidabile e puntuale. Oggi siamo l'unica impresa ferroviaria a poter garantire questo business. Inizieremo il prossimo ottobre con il collegamento Caserta - Bologna dai terminal Caserta Marcianise e Bologna Interporto. In futuro contiamo di estendere l'offerta anche ad altri terminal presenti nelle principali città italiane toccate dal network AV/AC: Torino, Novara, Milano, Brescia, Verona, Padova, Roma e Bari”. Il nuovo servizio Mercitalia Fast è pensato per trasportare i prodotti time sensitive, ovvero in tempi brevi e definiti, per clienti quali corrieri espresso, operatori logisti-

ci, produttori, distributori e valorizzatori immobiliari e potrà essere “confezionato” su misura. La merce viaggerà a bordo di un ETR 500 (12 vagoni per una capacità di trasporto equivalente a 18 tir o due aeroplani Boeing 747 Cargo) appositamente attrezzato per il trasporto di roll container, facili e veloci da caricare, scaricare e stivare. Grazie a Mercitalia Fast saranno ridotte dell'80% le emissioni di anidride carbonica nell'atmosfera rispetto alla modalità di trasporto su gomma. MAZZONCINI e Gosso hanno anche illustrato i risultati operativi del primo anno di attività del Polo Mercitalia, nato nel gennaio 2017 dal raggruppamento delle società del Gruppo FS Italiane che operano nel business del trasporto merci e della logistica. In particolare, il Polo Mercitalia sta raggiungendo gli obiettivi indicati dal Piano industriale 2017-2026 del Gruppo FS Italiane: già allocati investimenti pari a 500 milioni di euro su un totale di 1,5 miliardi di investimenti previsti in dieci anni e, per la prima volta nella storia del business merci delle Ferrovie italiane, nel 2017 sono stati generati flussi di cassa positivi per 40 milioni di euro. Gli investimenti, ripartiti dopo decenni, e le attività avviate testimoniano la forte volontà di FS Italiane di rilanciare il settore. Dai contratti per la fornitura di 125 nuovi locomotori elettrici, 10 locomotori di manovra e oltre 300 carri di ultima generazione per il trasporto combinato e convenzionale, agli accordi sottoscritti per lo sviluppo della logistica in Italia e all'estero (*Comunicato Stampa Mercitalia Rail*, 6 aprile 2018).



Fig. 3 - Un Etr500 per trasporto merci.

Piemonte: una gara internazionale per il Progetto condiviso di sviluppo per l'Alessandrino

Il Commissario di governo del Terzo Valico I. ROMANO ha incontrato il Tavolo dei sindaci piemontesi presso la Provincia di Alessandria. Alla riunione erano presenti tutti i rappresentanti degli 11 Comuni alessandrini interessati dai lavori di realizzazione del Terzo Valico. Tema principale all'ordine del giorno il Progetto condiviso di sviluppo (fig. 4).

All'incontro ha preso parte anche la Regione Piemonte, nella persona del Capo di Gabinetto del Presidente CHIAMPARINO, R. SCALISI, e P. MILANESIO dell'Assessorato Infrastrutture. Il Commissario, che coordina il Tavolo dei sindaci e il Progetto di sviluppo, ha sottolineato quanto sia importante avere dalla Regione un contributo forte per definire insieme non solo la natura del progetto, ma anche le sinergie con altre politiche regionali. I fondi stanziati, infatti, devono diventare una leva per stimolare altri apporti, progettuali ma anche economici e la Regione ha sia competenze che possibilità di incanalare bandi e risorse che possono essere utili allo sviluppo del territorio. Analogamente è stato evidenziato il coinvolgimento di Ires Piemonte, che potrà accompagnare le prossime fasi con un'attività di analisi dei dati e delle proposte progettuali.

Per quanto riguarda i fondi, è stato ribadito che si tratta di risorse ricavate dal quadro economico dell'opera che sono state attribuite a Rfi, il

(Fonte: Mercitalia Rail)

soggetto attuatore, nell'ambito della delibera Cipe. Potranno essere utilizzati per effettuare investimenti, ovvero solo per spese in conto capitale, e solo per finalità pubbliche e su aree di proprietà pubblica, collegate al Terzo Valico.

Nel corso dell'incontro il Commissario ha condiviso con il Tavolo la decisione di individuare attraverso una procedura di evidenza pubblica a livello internazionale un soggetto esterno – grandi studi di architettura e ingegneria con esperienza su progetti integrati con caratteristiche simili al Progetto condiviso – cui affidare lo studio di fattibilità.

Dato che i tempi per questa tipologia di gara saranno di circa 6 mesi, per utilizzarli in modo proficuo il Commissario ha avanzato la proposta di valorizzare anche le competenze progettuali del territorio, in particolare quelle in seno agli uffici della Provincia di Alessandria, per accompagnare il Tavolo in un primo lavoro di approfondimento e scrematura. Il Tavolo ha condiviso questa ipotesi, per cui andranno reperiti i fondi necessari, in attesa della Delibera Cipe di autorizzazione all'utilizzo della spesa dei 60 milioni, prevista per il prossimo mese di luglio.

L'analisi di fattibilità verrà svolta, insieme alla Regione, sui settori chiave di intervento individuati a luglio 2017 al termine del percorso partecipativo sul territorio iniziato a fine 2016: turismo e sport, eccellenze enogastronomiche e agroalimentare, filiere industriali (chimica-plastica-gomma, siderurgia e cemento) e sistema della logistica.

Nell'attesa dello studio di fattibilità sul Progetto più ampio, si è inoltre proceduto nella definizione delle convenzioni tra Rfi e Comuni per l'avvio della progettazione degli interventi da 1 milione di euro, che saranno sottoscritte nei prossimi giorni (*Comunicato stampa Commissario Terzo Valico*, 4 aprile, 2018).



(Fonte: Ufficio stampa Commissario Terzo Valico)

Fig. 4 - La riunione di programmazione dei lavori del Terzo Valico.

INDUSTRIA

Lombardia: Sirti presenta il piano strategico 2018-2020

Sirti, la società impegnata nel mercato delle infrastrutture, presenta il piano strategico 2018-2020. Con l'acquisizione del 100% del capitale e del debito a lungo termine da parte di Pillarstone, Sirti vive una fase storica che non conosce precedenti e punta, per il proprio sviluppo, su una nuova squadra di manager guidati da R. LOIOLA, Amministratore Delegato insediatosi lo scorso settembre.

Il rafforzamento della struttura finanziaria, e quindi della solidità patrimoniale, costituisce una consistente base sulla quale sviluppare la strategia dei prossimi anni.

- La nuova Strategia Sirti

La nuova strategia segue due direttrici: da un lato lo sviluppo di un business diversificato tramite il rafforzamento di quattro Business Unit (Telco Infrastructures, ICT, Transportation, Energy & Utilities), e dall'altro la trasformazione competitiva dell'azienda con l'obiettivo di adeguarla alle nuove sfide del mercato. Il piano prevede anche un'espansione internazionale del gruppo.

- Il potenziamento delle Business Unit

Per la BU Telco Infrastructures, si tratta di un potenziamento dell'ingegneria e delle operations, con nuovi ingressi di circa 400 persone. Sirti intende continuare ad essere protagonista della trasformazione infrastrutturale del Paese anche attraverso il grande progetto "Banda Ultra Larga", che porterà le infrastrutture di connettività di nuova generazione in più di 7000 comuni italiani e per il quale è richiesto un importante impegno progettuale e realizzativo. Giocano un ruolo fondamentale in tal senso le nuove tecnologie e metodologie di progettazione e creazione della rete, sviluppate da Sirti per massimizzare la velocità di esecuzione e minimizzare al contempo l'impatto ambientale e sociale delle opere.

Per la BU Energy & Utilities dopo la fase iniziale caratterizzata dall'acquisizione di due realtà del comparto energetico (Basso e Foi & Vitali Spa) e dalla costituzione della nuova Sirti Energia, l'azienda ha potenziato ulteriormente la BU con oltre 220 nuove risorse che abilitano l'estensione del suo presidio a tutto il comparto delle utilities, compresi il settore idrico e quello del gas.

Per la BU ICT, che già oggi supera i 100M€ di fatturato, è in programma un percorso di espansione anche attraverso operazioni di M&A. Sulle linee strategiche delle Business Unit ICT sono di particolare interesse le soluzioni IoT, Cybersecurity e Cloud.

Per la BU Trasporti il piano dei prossimi anni concentra ingenti risorse, pari a 14M€ in tre anni, in R&D per lo sviluppo di prodotti per il segnalamento ferroviario innovativo, progettato nel centro di eccellenza ferroviaria Sirti di Genova. Per questo comparto il piano industriale Sirti prevede una crescita sostenuta dei ricavi nei prossimi tre anni coerentemente con i piani di investimento per l'infrastrutturazione del Paese e alcuni sviluppi esteri.

- I programmi strategici di trasformazione

In aggiunta alle strategie delle 4 Business Unit, l'azienda sta realizzando 3 programmi di trasformazione, denominati: "People & Culture", "Focus on Customer", "Sirti goes Digital". Questi tre pilastri della strategia serviranno a supportare il conseguimento dei due macro obiettivi sopra menzionati: lo sviluppo di un business diversificato e la trasformazione competitiva.

- Trasformazione organizzativa

Per trasformare un'azienda di oltre 4400 dipendenti si parte dalle persone e dalla cultura organizzativa, che rappresentano entrambi fattori critici di successo. Nell'ambito di questo programma è previsto un grande sforzo per l'introduzione di un nuovo sistema di misurazione delle performance - che arriverà a coinvolgere il 100% della popolazione aziendale - all'interno di un contesto organizzativo improntato alla sostenibilità e al merito, caratterizzato da forti investimenti sulle competenze e una decisa spinta al miglioramento continuo della competitività.

La spinta propulsiva generata dall'ingresso del Fondo si è tradotta in un importante programma di assunzione di 393 risorse nel 2017 da Sirti S.p.A. e ulteriori 223 dalle altre

società del Gruppo Sirti. Parallelamente, l'azienda, che ha nel frattempo raggiunto un'importante intesa con le Parti Sociali per il rinnovo del contratto integrativo di II Livello, ha avviato una procedura di 234 posizioni in esubero da gestire nel 2018 con misure di esodo incentivato e percorsi di riconversione professionale. Si tratta dunque di un forte ricambio generazionale e manageriale, accompagnato da un importante programma di formazione delle risorse, necessario per cogliere le sfide tecnologiche dei prossimi anni.

- Innovazione Digitale

L'obiettivo dell'azienda è di diventare in poco tempo una Data Driven Company. È il programma dedicato alla continua trasformazione digitale dell'azienda che prevede l'introduzione di nuovi sistemi informativi, nuovi processi e nuovi modelli operativi, elementi fondamentali per conseguire una sempre maggiore qualità ed efficienza di esecuzione. Questo programma coinvolge tutti i reparti dell'azienda, e se da un lato punta alla riduzione di costi superflui, dall'altro punta a un potenziamento delle capacità delle persone e ad un arricchimento dei servizi per il cliente. Un focus particolare viene dato all'utilizzo intelligente del dato come elemento sui cui basare la capacità di prendere decisioni strategiche e operative in una logica assistita. Da tempo sono attive in Sirti iniziative tese ad introdurre l'analisi del dato con le più recenti tecniche di Intelligenza Artificiale e Big Data Analytics allo scopo di ottimizzare i processi di programmazione dei lavori o di orchestrazione delle attività di campo.

In questo senso, è appena terminata la fase di rollout del progetto "Virtual Factory" che ha introdotto una piattaforma digitale di pianificazione dinamica delle attività delle persone operative. Attraverso un modulo di Intelligenza Artificiale infatti la piattaforma è in grado di pianificare dinamicamente e automaticamente ogni giorno più di 6000 interventi in tutta Italia in una logica multi-obiettivo, massimizzando le performance delle squadre in

campo e minimizzando gli spostamenti.

Altro interessante esempio di trasformazione digitale è rappresentato da "Augmented Operations", il progetto sperimentale volto ad introdurre strumenti di collaborative working e realtà aumentata a supporto delle attività di manutenzione di reti di telecomunicazioni e di impianti tecnologici, in modo da aumentare la versatilità e l'efficacia dei tecnici in campo a totale vantaggio del cliente. Attraverso questo nuovo modello operativo, le persone in campo possono collegarsi ad un esperto ovunque esse si trovino, condividere la propria visione del problema e ricevere supporto realtime attraverso indicazioni visive.

- Investimenti in R&D

Il piano strategico 2018-2020 prevede un budget di investimento in R&D superiore a 30M€, principalmente destinati allo sviluppo di nuove tecnologie per il segnalamento ferroviario, nuove tecnologie per creazione di infrastrutture delle telecomunicazioni e nuovi sistemi informativi per l'automazione dei processi di progettazione delle reti e di pianificazione e orchestrazione delle attività di campo. Tali investimenti serviranno a aumentare la competitività dell'azienda e la sua capacità di creare valore per il cliente.

- Obiettivi economici e finanziari

Per i ricavi dei prossimi tre anni si prevede una crescita progressiva per raggiungere circa 750M€ nel 2020, ed una diversificazione maggiore del business (Energy & Utilities dal 4% al 9% di contributo ai ricavi, ICT dal 18% al 20%, Trasporti dal 7% al 17%).

Si prevede una generazione del valore attraverso la crescita dell'E-BITDA che passa dall'attuale 4,4% al 7,8% nel 2020.

Le previsioni sono state effettuate sulla base dei piani di investimento dei principali clienti di Sirti, in Italia e all'estero, correlati all'incremento della penetrazione delle reti a banda ultra-larga (80% di linee UBB coper-

te con tecnologia FTTx nel 2020), agli investimenti per l'ammodernamento delle infrastrutture ferroviarie (CAGR +8,1% 2016-2020), delle reti di trasmissione e distribuzione dell'energia ed all'incremento della spesa per infrastrutture e sistemi ICT.

J. DAVISON, Chief Executive Officer di Pillarstone (Fig. 5) e Presidente di Sirti, dichiara: "Abbiamo sempre creduto nel potenziale di questa azienda, unica nel panorama internazionale per capacità tecnologica e know how. Con le risorse che Pillarstone può mettere a disposizione, Sirti è oggi nelle migliori condizioni per implementare il nuovo piano strategico e avvantaggiarsi delle opportunità nei diversi mercati in cui opera". R. LOIOLA, Amministratore Delegato di Sirti SpA, commenta: "Lo scenario di mercato che ci si prospetta evidenzia profondi cambiamenti in tutti i settori nei quali operiamo. IoT, 5G, Alta Velocità, Ultra Broadband, Smart City sono le principali grandi trasformazioni tecnologiche e infrastrutturali attese per questi anni, e Sirti è posizionata in modo eccellente in ognuna di esse. Sono previsti grandi investimenti in un contesto competitivo sempre più agguerrito e globale. Tutto ciò richiede la capacità di adottare nuovi modelli operativi all'insegna di una maggiore velocità, efficienza e flessibilità, in modo da cogliere al meglio le opportunità offerte dai mercati che presidiamo" (*Comunicato Stampa Sirti*, 20 marzo 2018).



(Fonte: Sirti)

Fig. 5 - J. DAVISON Presidente Sirti e CEO Pillarstone.

Nazionale: Osservatorio OICE/INFORMATTEL

Dopo la prevedibile pausa di gennaio a febbraio il mercato riprende a correre: le gare per servizi di sola progettazione rilevate nel mese sono state 340 (di cui 51 sopra soglia) per un importo di 58,7 milioni di euro, rispetto al mese di gennaio il numero cresce del 30,3% e il loro valore del 90,1%, rispetto a febbraio 2017 + 38,2% in numero e 112,1% in valore.

Sempre per la sola progettazione andamento analogo nel primo bimestre 2017: le gare sono state 601, per un valore di 89,7 milioni di euro; rispetto al primo bimestre 2017 il numero cresce del 28,4% mentre il valore del 53,9%. Secondo l'aggiornamento al 28 febbraio dell'osservatorio OICE-Informatel, le gare per tutti i servizi di ingegneria e architettura rilevate nel mese sono state 487 (di cui 62 sopra soglia), per un importo complessivo di 79,2 milioni di euro (59,1 sopra soglia). Rispetto al mese di gennaio 2018 il numero delle gare cresce dell'8,0% (+24,0% sopra soglia e +6% sotto soglia), e il loro valore del 45,1% (+75,2% sopra soglia), rispetto a febbraio 2017 il numero delle gare cresce dell'8,7% (+3,3% sopra soglia) e il loro valore del 106,7% (+135,9% sopra soglia).

Nel primo bimestre 2018 per tutti i servizi di ingegneria e architettura sono state bandite 938 gare per un importo complessivo di 133,8 milioni di euro che, confrontati con il primo bimestre 2017, mostrano un aumento del 12,1% nel numero (+12,0% sopra soglia) e del 21,0% nel valore (+11,0% sopra soglia).

"I dati di febbraio confermano – ha dichiarato G. SCICOLONE, Presidente OICE – che la fase di crescita del mercato della progettazione e dei servizi tecnico-professionali non avverte neanche gli usuali scossoni che generalmente accompagnano le tornate elettorali. Il codice dei contratti ha funzionato ed è opportuno che le scelte fatte non siano messe in discussione: la centralità del progetto esecutivo è fondamentale per evitare aumenti di costi e di tempi dannosi

per l'efficacia della spesa pubblica. Correzioni dovranno essere fatte perché alcuni punti necessitano modifiche, a partire dalla normativa di dettaglio; siamo qui pronti con le nostre proposte soprattutto sul fronte della legalità e della trasparenza, dell'efficienza della macchina amministrativa e dello snellimento delle procedure. Intanto – ha continuato il Presidente OICE – stanno migliorando anche i dati dei bandi di lavori e i nostri associati ci dicono che i progetti esecutivi affidati dopo aprile 2016 stanno per essere posti a base di gara degli appalti di lavori, nonostante i lunghi iter approvativi, uno dei punti sui quali occorrerà lavorare. Ciò potrebbe a breve portare un giovamento anche al mondo delle Imprese che continua a soffrire.

In questo contesto – ha concluso G. SCICOLONE – è fondamentale assicurare al Paese, al più presto, un Governo responsabile che sappia garantire continuità negli investimenti, che devono tradursi al più presto in progetti e in cantieri, così da rilanciare occupazione crescita nel nostro settore a vantaggio di tutti gli operatori, a partire dalle giovani professionisti che si affacciano al mercato e che le nostre società assumono e fanno crescere professionalmente."

Dobbiamo registrare che sono sempre molto alti i ribassi con cui le gare vengono aggiudicate. In base ai dati raccolti fino a febbraio il ribasso medio sul prezzo a base d'asta per le gare indette nel 2015 è al 40,0%, per quelle indette nel 2016 il ribasso arriva al 42,8%. Le notizie sulle gare pubblicate nel 2017 attestano un ribasso del 40,5%.

Le gare italiane pubblicate sulla gazzetta comunitaria sono passate dalle 60 unità del mese di febbraio del 2017, alle 62 del mese appena trascorso, con un incremento del 3,3%. Nell'insieme dei paesi dell'Unione Europea il numero dei bandi presenta, nello stesso mese, una crescita del 14,3%. L'incidenza del nostro Paese continua ad attestarsi su un modesto 2,7%, un dato di gran lunga inferiore rispetto a quello di paesi di paragonabile rilevanza eco-

nomica: Francia 25,8%, Germania 23,4%, Polonia 11,9%, Svezia 5,0%.

Nel primo bimestre 2018 l'andamento delle gare miste, cioè di progettazione e costruzione insieme (appalti integrati, project financing, concessioni di realizzazione e gestione) ha raggiunto i 246,6 milioni di euro, con 38 bandi. Gli appalti integrati da soli sono 6 per 35,6 milioni di euro, nel primo bimestre 2017 erano stati 7 in numero per un valore di 101,2 milioni di euro (*Comunicato Stampa OICE, Aggiornamento al 28 febbraio 2018*).

Nazionale: Relazione Finanziaria 2017 FSI

Il Consiglio di Amministrazione di Ferrovie dello Stato Italiane, riunitosi sotto la presidenza di G. GHEZZI, ha esaminato e approvato il progetto di Relazione finanziaria annuale della società, che include anche il bilancio consolidato di Gruppo al 31 dicembre 2017. Il Gruppo FS Italiane si conferma primo gruppo industriale per investimenti in Italia, con un volume per il 2017 pari a 5,6 miliardi di euro (99% sul territorio nazionale), contribuendo al rafforzamento degli investimenti nel Paese in continuità con le azioni programmate nel proprio Piano industriale 2017-2026. Investimenti che hanno generato quasi 100mila posti di lavoro indotti, stima calcolata secondo i parametri forniti dall'ISTAT.

Il valore economico distribuito, costituito principalmente dall'insieme dei costi operativi per beni e servizi e per il pagamento del personale, ammonta a 7,2 miliardi di euro (pari al 77% del valore economico generato). Il settore trasporto del Gruppo registra complessivamente un utile di 255 milioni di euro (+56% vs 2016) con azioni che hanno dato concretezza allo sviluppo della mobilità integrata, come accordi con altre compagnie di trasporto e l'introduzione di biglietti integrati. Società leader è Trenitalia, seguita dal gruppo Netinera, controllata FS Italiane in Germania. I ricavi da servizi di trasporto raggiungono 7,1 miliardi di euro (con

una crescita complessiva differenziata nei diversi segmenti di business long haul e short haul, pari a +691 milioni di euro rispetto al 2016).

• Trasporto Regionale

Per il trasporto regionale sono stati presentati nel corso del 2017 i nuovi treni Rock e Pop, che inizieranno a circolare sui binari italiani dal 2019. Già firmati ordini per 86 nuove unità, altri treni saranno ordinati nel 2018 a seguito della firma dei contratti fra Trenitalia e le Regioni italiane. Nel frattempo, sono entrati in servizio 3 Jazz, 6 Swing, 4 Flirt e 41 carrozze Vivalto e sono state completamente rinnovate 56 carrozze media distanza. Gli investimenti per il materiale rotabile regionale nel 2017 ammontano a 371 milioni di euro. La customer satisfaction dei treni regionali è arrivata all'83,2% di passeggeri soddisfatti: 3,6 punti percentuali in più vs 2016. Per il secondo anno consecutivo si conferma il livello dell'1,1% delle cancellazioni dei treni regionali (Trenitalia best in class europea).

• Trasporto Lunga Percorrenza

Per quanto riguarda il trasporto a media e lunga percorrenza, il 2017 è stato segnato dalla firma del Contratto fra il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti e Trenitalia per il rilancio del servizio InterCity. Inoltre, è stata completata la fornitura dei 50 Frecciarossa 1000 con ulteriori 9 convogli. La flotta complessiva di 150 treni AV ha consentito l'incremento della frequenza e dei posti offerti sulle rotte Milano - Roma/Napoli e Venezia - Roma, grazie anche all'avvio da giugno 2017 del Frecciarossa 1000 a doppia composizione, con due treni connessi tra loro.

• Trasporto Merci

Il 2017 è stato un anno storico per il rilancio del settore merci grazie alla nascita, a gennaio 2017, del Polo Mercitalia e all'inizio dell'operatività della società Mercitalia Rail, nata dallo spin-off del settore Cargo di Trenitalia. Testimoniano la forte volontà di rilancio del settore gli investimenti, ripartiti dopo decenni: il

contratto per la fornitura di 125 nuovi locomotori elettrici, 5 locomotori di manovra e oltre 250 carri di ultima generazione, così come gli accordi sottoscritti per lo sviluppo della logistica in Italia e all'estero. In particolare, il Polo Mercitalia sta raggiungendo gli obiettivi indicati dal Piano industriale e, per la prima volta nella storia del business merci, ha generato nell'ultima parte dell'anno flussi di cassa positivi (40 milioni di euro).

• Trasporto Su Gomma

Busitalia, operatore TPL in Veneto, Toscana, Umbria e Campania, ha rinnovato la propria flotta con 102 nuovi autobus e aumentato la propria offerta di servizio con la nascita di Busitalia Fast, operativa sulla lunga percorrenza in Italia e su tratte europee.

• Infrastruttura

Ottime le performance del settore infrastruttura (risultato netto pari a 263 milioni di euro; +51,1% vs 2016) con la leadership di Rete Ferroviaria Italiana seguita da Italferr nell'engineering. Il 2017 si chiude con oltre 4,4 miliardi di euro spesi e circa 7,5 miliardi di euro di bandi di gara pubblicati che garantiscono importanti investimenti in infrastruttura anche negli anni a venire. Nel 2017 Italferr oltre ad assumere la direzione lavori del Terzo valico, in sostituzione del General Contractor, ha concluso in tutta Italia attività costruttive di oltre 30 opere infrastrutturali. È entrata nel concreto la cura del ferro al Sud: ne sono prova l'apertura della nuova stazione Napoli Afragola, l'avanzamento dell'iter costruttivo e autorizzativo di importanti lotti sia sulla linea Napoli - Bari sia in Sicilia, l'assegnazione di numerosi lavori e lo sblocco di alcune opere infrastrutturali. Inoltre, il settore infrastruttura rivestirà un ruolo ancora più importante sia per migliorare gli standard di sicurezza delle ferrovie ex concesse sia per lo sviluppo delle reti metropolitane nelle principali città italiane, come testimonia l'acquisizione del 36,7% di M5 Milano a giugno 2017. Tra le ferrovie ex concesse, è stato avviato il processo di risanamento di

Ferrovie del Sud Est (FSE) per garantire ai cittadini pugliesi standard di servizio e sicurezza – su ferro e su gomma – a livello nazionale.

- **Safety e Security**

Il settore ferroviario ha visto, inoltre, importanti investimenti (40% degli investimenti in infrastrutture) in sicurezza (safety) grazie all'incremento da 1 miliardo di euro del 2012 a 1,8 miliardi di euro nel 2017. Investimenti che garantiscono una migliore gestione della circolazione ferroviaria ed elevati standard di regolarità del traffico ferroviario. Anche la security dei passeggeri sui treni e nelle stazioni è stata ulteriormente potenziata negli ultimi anni, con l'obiettivo di fornire una migliore esperienza ai viaggiatori, ad esempio ampliando e rinnovando i sistemi di videosorveglianza a bordo di oltre 600 convogli, in 50 stazioni e in 25 posti di controllo della circolazione.

- **Risultati Economici**

L'EBITDA del Gruppo si incrementa ulteriormente superando i 2,3 miliardi di euro con un EBITDA Margin del 24,9%, indice di gran lunga migliore rispetto sia alla francese SNCF (13,7%) sia alla tedesca Deutsche Bahn (9,9%). L'EBIT a 718 milioni di euro nel 2017 permette di raggiungere un EBIT Margin del 7,7%. È importante sottolineare come l'EBIT 2016 includeva operazioni straordinarie quali le plusvalenze da cessione dell'attività retail delle principali stazioni italiane per oltre 360 milioni di euro. Il 2017, invece, include sopravvenienze attive derivanti dalla nuova normativa sull'energia elettrica per trazione (pari a circa 128 milioni di euro) e maggiori ammortamenti per 72 milioni di euro, in linea con le previsioni legate al trend di investimenti registrati negli ultimi anni. Il confronto quindi fra risultati 2017 (424 milioni di euro) e 2016 (385 milioni di euro), avendo escluso da entrambi le operazioni non ricorrenti, evidenzia una crescita del 10%, proponendo l'utile netto normalizzato 2017 come il migliore dell'ultimo triennio. I ricavi operativi del Gruppo salgono a 9,3 miliardi di

euro, con un incremento complessivo di 371 milioni di euro (+4,2% vs 2016; +9,3% al netto delle operazioni straordinarie) realizzato anche tramite operazioni di M&A concluse nel corso del 2017, in coerenza con le linee guida del Piano industriale di Gruppo, fra le quali l'acquisizione della società inglese NXET (ora Trenitalia c2c), di Busitalia Simet, che opera nel segmento servizi gomma long haul, di TrainOSE, che gestisce il servizio di trasporto ferroviario in Grecia, oltre che della società Qbuzz, terzo operatore di trasporto urbano olandese. I costi operativi crescono meno dei ricavi (+351 milioni di euro), a sostegno della crescita del business complessivo. Il Gruppo mantiene un elevato livello di solidità finanziaria con mezzi propri che a fine 2017 si avvicinano ai 38,7 miliardi di euro (+184 milioni di euro sul 2016). La Posizione Finanziaria Netta (PFN) si attesta a 7,3 miliardi di euro e cresce dell'8% in linea con i fabbisogni finanziari previsti nel Piano industriale di Gruppo, mantenendo il rapporto PFN/EBITDA a 3,1 e il rapporto PFN/Patrimonio netto a 0,19.

La solidità finanziaria del Gruppo è riflessa nei giudizi di rating (BBB) rilasciati per FS Italiane nell'autunno 2017 da Fitch e Standard&Poor's.

- **Sostenibilità**

L'emissione di un Green Bond da 600 milioni di euro a novembre 2017 permette a FS Italiane, per la prima volta in Europa, di finanziare nuovi treni sia per il trasporto regionale sia per l'alta velocità, e l'elevata domanda generata da tale emissione testimonia la forte credibilità green del Gruppo anche nei mercati internazionali.

La volontà di trasformare il Gruppo in un'impresa di mobilità del futuro ispirata ai principi di sostenibilità è testimoniata dall'adesione, ad agosto 2017, al network dell'UN Global Compact, partecipando così al processo di creazione di un'economia globale inclusiva e sostenibile.

Le società del Gruppo FS Italiane sostengono lo sviluppo e la promo-

zione delle fonti rinnovabili, sia inserendo esplicite richieste nei bandi di fornitura energetica sia con l'attivazione di impianti fotovoltaici di proprietà. Il trasporto su ferro, in particolare, ha una forte relazione con le energie rinnovabili: la rete ferroviaria in Italia, elettrificata ormai all'80%, consente di beneficiare in modo immediato e diretto della quota di rinnovabili che compone il mix di produzione di energia elettrica e che si attesta intorno al 40% del totale. Nel 2017 è stata aggiudicata una gara per la fornitura di energia elettrica 100% da fonti rinnovabili (certificata e prodotta in Italia) per dieci società del Gruppo FS. Il numero complessivo del personale passa da 70.180 a 74.436 unità, anche come effetto di assunzioni (4.379, di cui 3.400 in Italia) e ingressi per acquisizioni societarie (3.789), al netto del turn over. La produttività media per dipendente (ricavo operativo medio) è cresciuta del 4%, superando i 128mila euro. Nel 2017 per il terzo anno consecutivo, il Gruppo FS Italiane è Best employer of choice, al primo posto nella classifica delle aziende più ambite dai giovani laureati, e ha avviato Women in Motion, programma nato con l'obiettivo di promuovere la carriera delle donne nelle aree tecniche. In particolare, nel 2017 è incrementata l'incidenza percentuale delle dipendenti (15,2%) sul totale. I risultati 2017 si inseriscono in una visione totalmente rinnovata del business che va progressivamente consolidandosi e che mira a fare del Gruppo FS Italiane uno dei leader della mobilità integrata a livello nazionale e internazionale. In tale ultima direzione è da inquadrarsi anche l'operazione di integrazione con Anas, conclusa il 18 gennaio 2018 e che sarà consolidata nel bilancio dell'anno in corso. Nel 2018 il Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane sarà, quindi, impegnato a proseguire nel percorso di realizzazione del Piano industriale 2017-2026, focalizzandosi su obiettivi industriali ancor più sfidanti, fondati sui concetti di integrazione, internazionalizzazione e digitalizzazione. Il Consiglio di Amministrazione di FS Italiane, pur in as-

senza di obblighi di legge, ha introdotto nel corso del 2017 strumenti utili a rafforzare il controllo interno e la gestione dei rischi secondo le migliori pratiche di corporate governance nazionali e internazionali. Nella sezione Investor Relations è disponibile un documento di sintesi sui principali risultati conseguiti nell'esercizio dal Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane.

NOTA: Il Dirigente Preposto alla redazione dei documenti contabili societari, R. MANNOZZI, dichiara ai sensi del comma 2 dell'articolo 154-bis del Testo Unico della Finanza che l'informativa contabile contenuta nel presente documento corrisponde alle risultanze documentali, ai libri e alle scritture contabili (*Comunicato Stampa Gruppo FSI*, 27 marzo 2018).

VARIE

Lombardia: FSI, tecnologia ERTMS come standard unico di interoperabilità sui TEN-T

L'evoluzione dell'ERTMS al centro della 1st UIC Global Conference on Signalling: sono intervenuti R. MAZZONCINI, AD e DG FS Italiane, J.P. LOUBINOX, DG UIC, e G. SALA, sindaco di Milano.

Il sistema European Rail Traffic Management System (ERTMS) unico standard tecnologico per i Corridoi ferroviari TEN-T. È la soluzione ideale proposta dall'Union internationale des chemins de fer (UIC) per renderli interoperabili e percorribili, senza soluzione di continuità, dai treni delle Imprese ferroviarie operative in tutti i Paesi comunitari.

L'obiettivo è al centro dell'incontro fra tecnici ed esperti di settore presenti a Milano.

I lavori sono stati aperti da R. MAZZONCINI, Amministratore Delegato e Direttore Generale di FS Italiane e Presidente UIC, J.P. LOUBINOX Direttore Generale UIC e G. SALA Sindaco di Milano.

“L'Unione Europea investirà 500

miliardi per realizzare nuove infrastrutture ferroviarie nel vecchio Continente ed è importante che siano previste risorse anche per l'ERTMS. Un sistema di segnalamento innovativo e di eccellenza, che ha dato importanti risultati in termini di sicurezza e di affidabilità nel sistema Alta Velocità/Alta Capacità italiano dove è operativo dal dicembre 2005”, ha sottolineato R. MAZZONCINI, AD e DG di FS Italiane. “Il Corridoio Reno-Alpi può essere il progetto pilota per estendere questo sistema tecnologico su tutti i Corridoi europei. In ambito nazionale il nostro obiettivo è quello di potenziare le linee ferroviarie dei nodi urbani e metropolitani con l'evoluzione tecnologica ERTMS HD, sistema che ci permetterà di incrementare la capacità di traffico per i servizi pendolari”.

Lo standard ERTMS è stato scelto dall'Unione Europea come linguaggio unico per il sistema ferroviario europeo, visti gli eccellenti risultati raggiunti per il sistema AV/AC Torino – Salerno e Torino – Milano – Brescia.

L'ERTMS è un evoluto sistema di sicurezza per il distanziamento dei treni che permette di gestire e controllare il traffico ferroviario lungo la rete. La strumentazione di bordo è stata progettata allo scopo di sostituire i molteplici, e tra loro incompatibili, sistemi di circolazione e sicurezza delle varie ferrovie europee allo scopo di garantire l'interoperabilità dei treni.

La tecnologia ERTMS, che garantisce elevati standard di sicurezza (safety), è una delle più avanzate disponibili sul mercato mondiale e potrebbe essere installata anche nei Corridoi intercontinentali che collegheranno l'Asia all'Europa (One Belt One Road) (*Comunicato Stampa Gruppo FSI*, 26 marzo 2018).

Friuli Venezia Giulia: visione di crescita del Porto di Trieste

Grazie alla recente attivazione dei nuovi moduli di Sinfomar per la dematerializzazione delle operazioni di

controllo e per l'autorizzazione delle movimentazioni ferroviarie, le gestioni dei documenti ferroviari sono pienamente integrate con i processi portuali.

Il Porto di Trieste punta sull'innovazione attraverso sviluppo digitale, Industria 4.0 e IoT (“Internet of Things”), confermandosi all'avanguardia sotto il profilo tecnologico e ponendo al centro della propria strategia di crescita lo sviluppo delle infrastrutture e dei sistemi digitali.

Grazie all'impegno e alla visione dell'Autorità di Sistema Portuale del Mare Adriatico Orientale, tutti gli stakeholder della comunità portuale - dagli agenti marittimi agli spedizionieri, dai terminalisti ai trasportatori e MTO, dall'Agenzia delle Dogane alla Capitaneria di Porto, dalla Guardia di Finanza alla Sanità Marittima, dagli inland terminal regionali, alle imprese ferroviarie - possono contare infatti dal 2014 sul Port Community System Sinfomar per la gestione informatizzata di tutte le procedure amministrative, fiscali, doganali e logistiche attraverso l'integrazione delle informazioni relative ai traffici marittimi, retroportuali e ferroviari.

Con l'attivazione dei nuovi moduli di Sinfomar per la dematerializzazione delle operazioni di controllo e per l'autorizzazione delle movimentazioni ferroviarie, è stato recentemente completato un ulteriore importante step nel percorso di trasformazione digitale definito dall'Autorità di Sistema Portuale del Mare Adriatico Orientale che sta permettendo di integrare con i processi portuali la manovra, svolta da Adriafer, e impostare anche l'insieme articolato di processi dell'ultimo miglio ferroviario.

Il movimento dei treni, infatti, è stato parificato a quello delle navi, gestendo, con le relative differenze, le regole di gestione doganali, logistiche e di security tramite la standardizzazione e la generazione automatica dei documenti di arrivo e partenza dei treni.

“Grazie a Sinfomar - ha spiegato

il Presidente di Info.era L. ABATELLO - è possibile per la prima volta generare un `modello CH30', ovvero il documento ferroviario che l'operatore ferroviario deve presentare e che contiene le specifiche sulle merci trasportate, in un formato unico, concordato con gli operatori e l'Agenzia delle Dogane secondo criteri oggettivi, nonché una terminologia e una struttura condivise".

"Le attività di dematerializzazione e di integrazione tra processi portuali, manovra e ultimo miglio ferroviario svolte a supporto del Porto di Trieste (e che vedranno a breve ulteriori sviluppi) hanno portato a una notevole semplificazione nell'interscambio informativo tra i diversi operatori, pubblici e privati, e prodotto risultati d'eccellenza, con un abbattimento importantissimo degli errori e delle interpretazioni soggettive dei dati" ha aggiunto ABATELLO.

Un'altra importante semplificazione introdotta riguarda il cosiddetto `Preavviso di Arrivo-Partenza', contenente le informazioni necessa-

rie a identificare sotto i profili logistico, doganale e di security il container/mezzo in arrivo/partenza, la merce trasportata ed, eventualmente, l'autista. Il preavviso viene gestito digitalmente e può essere accettato o respinto dal soggetto interno alla comunità portuale cui è destinato, che può quindi confermare o meno la correttezza dei dati e contestualmente validarli.

I Preavvisi si applicano anche alla gestione dei mezzi movimentati all'interno del Punto Franco di Interporto di Trieste a Ferneti e destinati al Porto di Trieste.

- Nota per il lettore

Sinfomar® è il Port Community System sviluppato da Info.era per connettere in un'unica piattaforma tecnologica tutti gli attori della comunità portuale di un porto, garantendo l'interoperabilità tra i differenti sistemi ICT utilizzati dai singoli stakeholder al fine di digitalizzare e ottimizzare tutte le operazioni relative alla gestione dei processi portuali.

Fondata nel 1996, Info.era S.r.l. è una società triestina specializzata nello sviluppo di soluzioni informatiche con forti competenze nel settore portuale e uno staff di 21 persone altamente qualificate nel mondo marittimo, della logistica e delle spedizioni. Il portfolio clienti della Società annovera attualmente i principali terminalisti, agenzie marittime e spedizionieri del Porto di Trieste.

Grazie alla partnership con Circle S.r.l - società di consulenza direzionale con competenze verticali distintive nel settore della logistica intermodale e della digitalizzazione della supply chain con la suite Milos® - perfezionata a fine 2017 attraverso un'operazione di acquisizione del 51% di Info.era da parte di Circle, Info.era punta a rafforzare ed espandere le proprie competenze, assicurando un livello di servizio ancora maggiore a livello locale e ampliando su scala internazionale la diffusione del software marittimo Sinfomar® (*Comunicato stampa Sifomar, 27 marzo 2018*).

Errata Corrige

Gent.mi Lettori di Ingegneria Ferroviaria,

si porta alla attenzione che sul numero di 04 Aprile 2018, in riferimento alla memoria "**Valutazioni di capacità basate sull'orario: analisi di una ferrovia suburbana a singolo binario - *Timetable-based capacity evaluations: analysis of a sub-urban single-track railway***", autore Dott. Ing. N. COVIELLO, la nota in calce a pagina 287 nella versione in lingua inglese deve essere corretta in "*Politecnico di Torino, DIATI - Transport Systems*".

La Redazione di Ingegneria Ferroviaria

CONDIZIONI DI ABBONAMENTO A IF - INGEGNERIA FERROVIARIA ANNO 2018

(Gli Abbonati possono decidere di ricevere IF - Ingegneria Ferroviaria online)

Prezzi IVA inclusa [€/anno]	Cartaceo	Online
- Ordinari	60,00	50,00
- Per il personale <i>non ingegnere</i> del Ministero delle Infrastrutture, e dei Trasporti, delle Ferrovie e Tranvie in concessione e Pensionati FS	45,00	35,00
- Studenti (allegare certificato di frequenza Università) ^(*)	25,00	20,00
- Estero	180,00	50,00

^(*) Gli Studenti, fino al compimento del 28° anno di età, possono iscriversi al CIFI quali Soci Juniores con una quota annua di € 17,00 che include l'invio gratuito della Rivista.

I pagamenti possono essere effettuati (specificando la causale del versamento) tramite:

- CCP **31569007** intestato al CIFI - Via G. Giolitti, 48 - 00185 Roma;
- bonifico bancario sul c/c n. 000101180047 - Unicredit Roma, Ag. Roma Orlando - Via Vittorio Emanuele Orlando, 70 - 00185 Roma. IBAN IT29U0200805203000101180047 - BIC: UNCRITM1704;
- pagamento online, collegandosi al sito www.cifi.it;
- in contanti o tramite Carta Bancomat.

Il rinnovo degli abbonamenti dovrà essere effettuato entro e non oltre il 31 marzo dell'annata richiesta. Se entro suddetta data non sarà pervenuto l'ordine di rinnovo, l'abbonamento verrà sospeso.

Per gli abbonamenti sottoscritti dopo tale data, le spese postali per la spedizione dei numeri arretrati saranno a carico del richiedente.

Per ulteriori informazioni: Redazione Ingegneria Ferroviaria - tel. 06.4742987 - E mail: redazioneif@cifi.it

RICHIESTA FASCICOLI ARRETRATI ED ESTRATTI

Prezzi IVA inclusa

Un fascicolo € **8,00**; doppio o speciale € **16,00**; un fascicolo arretrato: *Italia* € **16,00**; *Estero* € **20,00**.

Estratto di un singolo articolo apparso su un numero arretrato € **9,50**.

I versamenti, anticipati, potranno essere eseguiti nelle medesime modalità previste per gli abbonamenti.

TERMS OF SUBSCRIPTION TO IF - INGEGNERIA FERROVIARIA YEAR 2018

(The subscribers can decide to receive IF - Ingegneria Ferroviaria online)

Price including VAT [€/year]	Paper	Online
- Normal (Italy)	60.00	50.00
- Infrastructure and Transport Ministry staff, local railways staff, retired FS staff	45.00	35.00
- Students (University attesting documentation required) ^(*)	25.00	20.00
- Foreign countries	180.00	50.00

^(*) Students younger than 28 can enroll as CIFI Junior Associates with a yearly rate of € 17.00, which includes the IF - Ingegneria Ferroviaria subscription.

The payment can be performed (specifying the motivation) by:

- CCP **31569007** to CIFI - Via G. Giolitti, 48 - 00185 Roma;
- Bank transfer on account n. 000101180047 - UNICREDIT Roma, Ag. Roma Orlando - Via Vittorio Emanuele Orlando, 70 - 00185 Roma. IBAN: IT29U0200805203000101180047 - BIC: UNCRITM1704;
- Online, on the website www.cifi.it;
- Cash or by Debit Card.

The renewal of the subscription must be performed within March 31st of the concerned year. In case of lack of renewal after this date, the subscription will be suspended.

For further information you can contact: Redazione Ingegneria Ferroviaria - Ph: +39.06.4742987 - E mail: redazioneif@cifi.it

PURCHASE OF OLD ISSUES AND ARTICLES

Price including VAT

Single Issue € **8,00**; Double or Special Issue € **16,00**; Old Issue: *Italy* € **16,00**; *Foreign Countries* € **20,00**.

Single article € **9,50**.

The payment, anticipated, may be performed according to the same procedures applied for subscriptions.

Notizie dall'estero

News from foreign countries

Massimiliano BRUNER

TRASPORTI SU ROTAIA ***RAILWAY TRANSPORTATION***

Svezia: 40 treni regionali ad alta velocità per Västtrafik

Bombardier Transportation, il principale fornitore di soluzioni per la mobilità del settore, ha annunciato di aver firmato un contratto con Västtrafik per la fornitura di 40 treni ad alimentazione elettrica ad alta velocità per soddisfare il crescente traffico regionale nella regione svedese di Västra Götaland (Fig. 1). Il fatturato stimato per questo contratto è di circa 3,8 miliardi di corone svedesi (452 milioni di dollari USA, 368 milioni di euro) e include un'opzione per 60 treni supplementari. La consegna è prevista ad iniziare nel 2021.

L. HOLMIN, Presidente del Consiglio di amministrazione di Västtrafik, ha dichiarato: "Da quando Västtrafik è stata costituita nel 1999, il personale viaggiante in treno è più che raddoppiato. Siamo continuamente sfidati a raggiungere l'obiettivo di 135.000 viaggi al giorno forniti nella contea. Vediamo un costante aumento dei passeggeri dei treni e siamo sulla strada giusta. I nuovi treni contribuiranno a rendere ancora più attraenti i viaggi per i nostri clienti".

M. SUNDMAN, Direttore delle vendite di Bombardier Transportation, ha dichiarato: "Siamo orgogliosi di sostenere gli sforzi di Västtrafik per soddisfare una maggiore domanda di trasporto pubblico. La nostra lunga collaborazione con Västtrafik, supportata dai nostri team nei depositi di Sävenäs e Falköping a Västra Götaland, ha gettato le basi per la progettazione del nuovo treno. Vogliamo sostenere la crescita regiona-

le fornendo la soluzione di mobilità ideale che garantirà il comfort e la facilità del viaggio di ogni passeggero. Questo importante ordine è un'approvazione della qualità dei prodotti di design, ingegneri, produttori e servizi di Bombardier per il mercato nordico. "

I treni a tre moduli sono progettati per l'elevata capacità, il comfort dei passeggeri, i bassi costi operativi e la capacità di operare nelle difficili condizioni climatiche prevalenti nei paesi nordici. Concentrandosi sulle esigenze uniche di Västra Götaland, Bombardier offre una soluzione altamente affidabile, sicura per tutti coloro che si trovano all'interno o intorno al veicolo e con una capacità diagnostica per aumentare la disponibilità, garantendo un alto grado di efficacia del programma. I treni opere-

ranno a velocità fino a 200 Km/h, offrendo posti a sedere per 270 passeggeri e funzioni come wi-fi, aree a pianale ribassato e polioperative.

L'esperienza di Bombardier nel fornire e mantenere treni ad alta velocità nella regione negli ultimi 15 anni offre un vantaggio in quanto i nuovi treni sono ottimizzati per soddisfare le esigenze dei macchinisti, del personale di bordo e del personale di manutenzione. L'accattivante design nordico e il basso consumo energetico produrranno uno stile di vita intelligente e sostenibile nella regione per decenni (*Comunicato stampa Bombardier*, 6 aprile 2018).

Sweden: 40 High Speed Regional Trains to Västtrafik

Industry's leading mobility solution provider, Bombardier Transportation announced that it has signed a contract with Västtrafik to supply 40 high-speed electric multiple unit trains to cater to growing regional traffic in Sweden's region of Västra Götaland (Fig. 1). The estimated revenue for this contract is about 3.8 billion SEK (\$452 million US, 368 million euro) and includes an option for 60 additional trains. Delivery is planned to begin in 2021.



(Fonte: Bombardier. Source: Bombardier)

Fig. 1 - Un esemplare del nuovo material rotabile AV per le linee svedesi.
Fig. 1 - A sample of the new rolling stock AV train for the Swedish lines.

L. HOLMIN, Chairman of the Board at Västtrafik, said, "Since Västtrafik was formed in 1999 the ridership by train has more than doubled. We are continuously challenged to meet the target of 135,000 journeys per-day provided by the county. We see a steady increase in train passengers and we are on the right track. The new trains will contribute to even more attractive journeys for our customers."

M. SUNDMAN, Sales Director, Bombardier Transportation said, "We are proud to support Västtrafik's efforts to meet a higher demand for public transport. Our longstanding partnership with Västtrafik, supported by our teams in the Sävenäs and Falköping depots in Västra Götaland have laid the foundation for designing the new train. We want to support regional growth by providing the ideal mobility solution that will ensure the comfort and ease of every passenger's journey. This important order is an endorsement of the quality of the products Bombardier designs, engineers, manufactures, and services for the Nordic market."

The three-car trains are designed for high capacity, premium passenger comfort, low operational cost, and the ability to operate under the harsh weather conditions prevalent in Nordics. With a focus on the unique needs of Västra Götaland, Bombardier offers a solution that is highly reliable, safe for all those inside or around the vehicle and with a diagnostic capability to increase availability, ensuring a high degree of schedule effectiveness. The trains will operate at speeds of up to 200 km/h, offer seating for 270 passengers and includes features such as wi-fi, low-floor and multi-purpose areas.

Bombardier's experience in delivering and maintaining high-speed trains in the region for the last 15 years offers an advantage as the new trains are optimised to meet the needs of drivers, onboard staff and maintenance personnel. The appealing Nordic design and low energy consumption will support a smart and sustainable lifestyle in the region for decades (Bombardier Press Release, April 6th, 2018).

TRASPORTI URBANI URBAN TRANSPORTATION

Argentina: Italferr "Main Designer" per il progetto di ammodernamento della linea "Sarmiento"

Italferr (Gruppo FS Italiane) è stata nominata "Main Designer" per il progetto di ammodernamento infrastrutturale e tecnologico della linea ferroviaria "Sarmiento" a Buenos Aires (Fig. 2), in Argentina.

L'accordo siglato fra la società d'ingegneria del Gruppo FS Italiane e il consorzio G&S (valore economico circa 41 milioni di euro) prevede la realizzazione, da parte di Italferr, del progetto esecutivo e il supporto tecnico per i lavori di ammodernamento della linea ferroviaria che collega la stazione periurbana di Moreno alla stazione Once nel centro di Buenos Aires (circa 37 km).

"L'ammodernamento della linea ferroviaria 'Sarmiento' – ha sottolineato C. CARGANICO, Amministratore Delegato e Direttore Generale di Italferr – per complessità tecnica e durata dei lavori (cinque anni previsti da marzo 2018 fino alla completa realizzazione dell'opera) rappresenta al momento il progetto più sfidante nell'ambito delle attività all'estero di Italferr". "La recente apertura di una branch in Argentina con un team di oltre venti esperti, il quadro delle ulteriori iniziative di interesse previste dal governo argentino, confermato dalla presenza dei maggiori contractors italiani, permettono di guardare al nuovo 'hub' sudamericano di Italferr come a un polo di primaria importanza per lo sviluppo del nostro business internazionale", ha concluso CARGANICO.

Il progetto di ammodernamento della linea ferroviaria "Sarmiento", fortemente voluto dal Governo Argentino, prevede la costruzione di un nuovo tratto di linea in sotterraneo, circa 18 km, otto nuove stazioni e l'attrezzaggio tecnologico dell'intera infrastruttura con sistemi in grado di assicurare un servizio metropolitano con una frequenza di un treno ogni

tre minuti e una capacità stimata di oltre 150 milioni di passeggeri ogni anno (Comunicato Stampa Italferr, 4 aprile 2018).

Argentina: Italferr "Main Designer" for the modernization project of the "Sarmiento" line

Italferr (FS Group Italiane) was named "Main Designer" for the infrastructural and technological modernization project of the "Sarmiento" railway line in Buenos Aires (Fig. 2), Argentina.

The agreement signed between the engineering company of the FS Italiane Group and the G & S consortium (economic value of approximately € 41 million) envisages the realization, by Italferr, of the executive project and the technical support for the modernization works of the line railway that connects the peri-Morano station to the Once station in the center of Buenos Aires (about 37 km).

"The modernization of the railway line 'Sarmiento' – underlined C. CARGANICO, Managing Director and General Manager of Italferr – for technical complexity and duration of the works (five years from March 2018 until the complete realization of the work) represents at the moment the most challenging project in the field of Italferr's activities abroad". "The recent opening of a branch in Argentina with a team of over twenty experts, the framework of further initiatives of interest envisaged by the Argentine government, confirmed by the presence of the major Italian contractors, allow us to look at the new South American hub of Italferr as a pole of primary importance for the development of our international business", concluded CARGANICO.

The modernization project of the "Sarmiento" railway line, strongly desired by the Argentine Government, involves the construction of a new section of underground line, about 18 km, eight new stations and the technological equipment of the entire infrastructure with systems capable of ensure a metropolitan service with a train frequency every three minutes

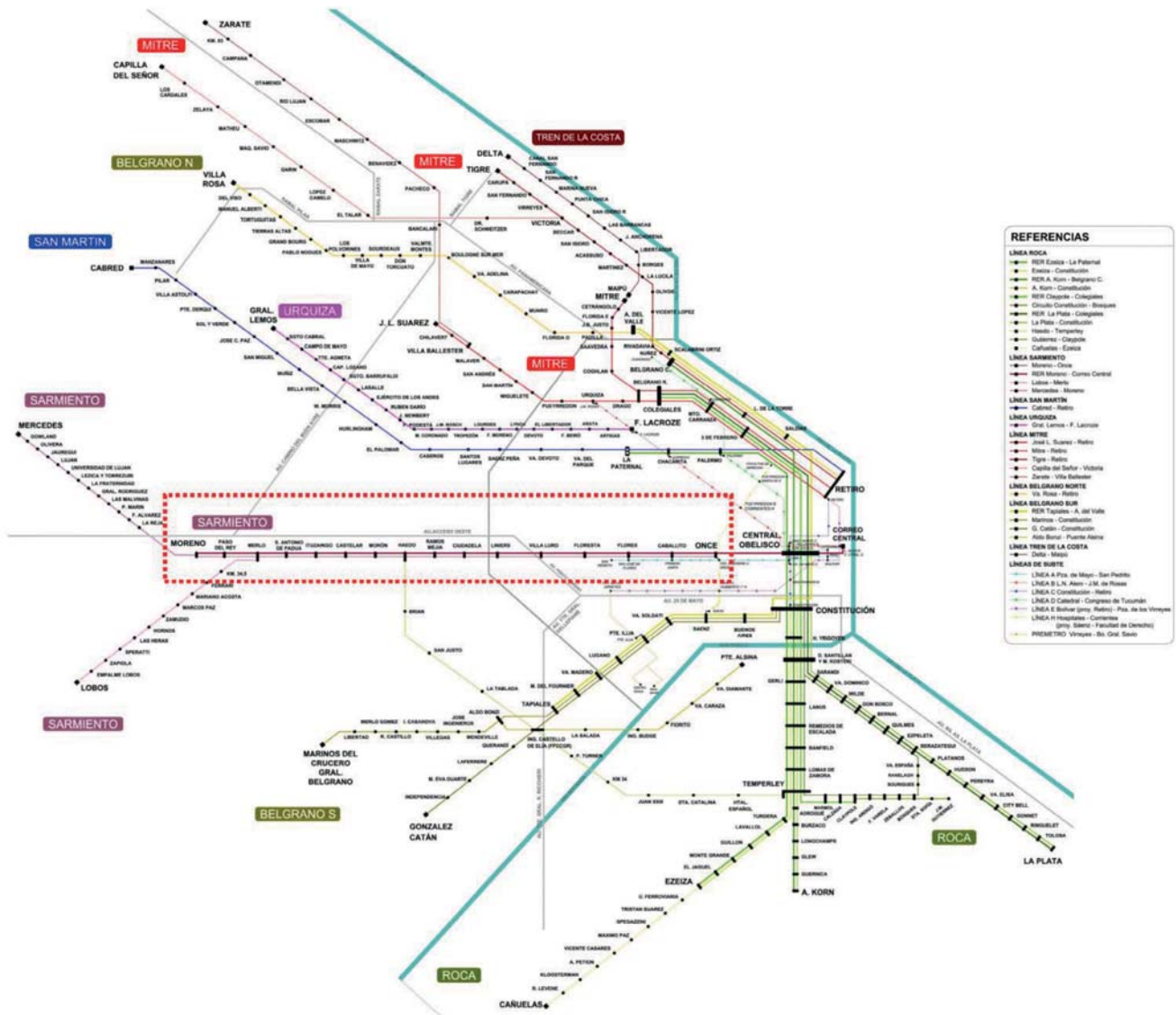


Fig. 2 - Schema semplificato della Rete Argentina di Baires.
Fig. 2 - Simplified Scheme of Baires Argentina Railway Network.

(Fonte: Italferr. Source: Italferr)

and an estimated capacity of over 150 million passengers every year (Italferr Press Release, April 4th, 2018).

TRASPORTI INTERMODALI
INTERMODAL TRANSPORTATION

Cina: Mercitalia Rail e UTLC, al via collaborazione per trasporto container merci dall'Europa

Sviluppare il trasporto integrato di container merci fra la Cina e l'Eu-

ropa attraverso il Kazakistan, la Russia, la Bielorussia e l'Italia.

Questo il principale obiettivo del Memorandum of Understanding (MoU) siglato a Milano da Mercitalia Rail – la maggiore impresa ferroviaria merci italiana che fa parte del Polo Mercitalia (Gruppo FS Italiane) – e United Transport and Logistics Company (UTLC), società specializzata nel trasporto di container merci sull'asse Europa-Cina.

Il documento è stato firmato da O. BAGNASCO, responsabile Trasporto

Intermodale di Mercitalia Rail, e A. GROM, presidente UTLC. Nello specifico, UTLC fornirà i servizi per la logistica e il trasporto su ferro dei container merci fra Kazakistan, Russia e Bielorussia, utilizzando la linea Dostyk/Altynkol – Brest/Kaliningrad. Mercitalia Rail gestirà il servizio ferroviario all'interno dell'Unione Europea. Priorità sarà data ai flussi da e per l'Italia.

La collaborazione fra Mercitalia Rail e UTLC è iniziata in concomitanza con la firma del MoU.

G.P. GOTELLI, CEO di Mercitalia Rail, ha dichiarato: “Siamo molto soddisfatti dell’accordo con UTLC perché ci consente di entrare in un mercato, quello Euroasiatico, in forte espansione anche nel settore delle merci. Questo progetto si inserisce perfettamente nei nostri programmi di business sempre più rivolti ad un ambito internazionale, in linea con il pilastro dell’internazionalizzazione del Piano industriale 2017-2026 del Gruppo FS Italiane”.

“Siamo felici di dare il benvenuto al nuovo partner italiano di UTLC”, ha sottolineato A. GROM. “Insieme a Mercitalia Rail saremo in grado di offrire non solo l’organizzazione delle spedizioni lungo tutto il percorso dalla Cina verso l’Europa e viceversa, ma anche nuovi servizi e soluzioni di trasporto. Questo MoU evidenzia il comune interesse delle due società per lo sviluppo dei traffici merci sul Corridoio Euroasiatico”, ha concluso GROM (*Comunicato Stampa Mercitalia Rail*, 29 marzo 2018).

China: Mercitalia Rail and UTLC, a partnership for the transport of freight containers from Europe

Developing an integrated transport of cargo containers between China and Europe through Kazakhstan, Russia, Belarus and Italy.

This is the main objective of the Memorandum of Understanding (MoU) signed in Milan by Mercitalia Rail – the largest Italian freight railway company that is part of the Mercitalia Hub (FS Italian Group) – and United Transport and Logistics Company (UTLC), a company specializing in transportation of freight containers on the Europe-China axis.

The document was signed by O. BAGNASCO, Mercom Rail Transport Intermodal Manager, and A. GROM, UTLC president. Specifically, UTLC will provide the logistics and railway transport services of freight containers between Kazakhstan, Russia and Belarus, using the Dostyk / Altynkol – Brest / Kaliningrad line. Mercitalia Rail will manage the railway service within the Euro-

pean Union. Priority will be given to flows from and to Italy.

The collaboration between Mercitalia Rail and UTLC began in conjunction with the signing of the MoU.

G.P. GOTELLI, CEO of Mercitalia Rail, said: “We are very satisfied with the agreement with UTLC because it allows us to enter a market, the Eurasian market, which is also booming in the goods sector. This project fits perfectly into our increasingly international business programs, in line with the internationalization pillar of the FS Italiane Group’s 2017-2026 Business Plan”.

“We are happy to welcome the new Italian partner of UTLC”, said A. GROM. “Together with Mercitalia Rail we will be able to offer not only the organization of shipments all the way from China to Europe and vice versa, but also new transport services and solutions. This MoU highlights the common interest of the two companies for the development of freight traffic on the Eurasian Corridor”, concluded GROM (Mercitalia Rail Press Release, March 29th, 2018).

Tunisia: ASTRE Italia, Serapide Trans, un nuovo servizio intermodale

Serapide Trans Srl, azienda campana attiva da oltre 50 anni nel settore dei trasporti e associata ad ASTRE Italia, parte del network europeo di PMI del trasporto e della logistica, ha ufficialmente inaugurato un innovativo servizio intermodale di trasporto tra Italia e Tunisia. Il nuovo collegamento, grazie alla partnership con primari operatori italiani del trasporto ferroviario e navale, rende possibile il round trip Bizerte-Milano-Bizerte in soli 7 giorni.

Il servizio nasce dalla necessità di collegare al Nord Italia lo stabilimento produttivo Sideralba Maghreb di Bizerte (Fig. 3), recentemente acquisito dal Gruppo Rapullino, per connettere più agevolmente la manifattura di laminazione ai mercati dell’Europa Centrale. La Serapide Trans ha organizzato il trasporto di alcuni elementi della linea produttiva del laminatoio tunisino a bordo di casse mobili, effettuando direttamente la frazione di trasporto su gomma e



(Fonte: ASTRE. Source: ASTRE)

Fig. 3 - Un impianto della Serapide Trans ed uno dei vettori autostradali utilizzati nel trasporto intermodale.

Fig. 3 - A plant of Serapide Trans and one of the highway carriers used in intermodal transport.

coordinandosi con servizi navali e ferroviari terzi, così da ottimizzare e minimizzare i tempi di resa del trasporto.

La distanza totale, pari a 1.600 chilometri, viene così suddivisa: 180 chilometri via gomma, 670 chilometri via mare e 750 chilometri via ferrovia.

“Il collegamento intermodale Bizerte-Milano dà continuità al Corridoio 5 Scandinavo-Mediterraneo della Rete TEN-T, prolungandolo fino al nord Africa passando attraverso i porti di Salerno e Tunisi ed utilizzando così tre diverse modalità di trasporto – ha dichiarato l’Amministratore Unico della Serapide Trans A. SIMEOLI. – In linea con l’impegno per la sostenibilità ambientale di Serapide Trans e di ASTRE, l’itinerario ottempera ai più rigorosi termini di trasporto sostenibile: più del 90% della distanza viene percorsa seguendo i principi della green logistics, relegando quindi la trazione su gomma a meno del 9% del percorso totale.”

• *Nota per il lettore: ASTRE*

Nato nel 1992, ASTRE è un network di PMI consolidato e indipendente, divenuto uno dei maggiori raggruppamenti europei di trasporti e logistica. Con più di 400 punti di distribuzione situati in più di 10 paesi dell’Unione Europea, tra cui Germania, Belgio, Spagna, Francia, Italia, Paesi Bassi, Lituania e Regno Unito, ASTRE prosegue costantemente nella sua vocazione di sviluppo internazionale. Nel 2010 nasce ufficialmente ASTRE Italia, che diventa l’ottava regione ASTRE. Attualmente, il network europeo conta 161 membri, con un volume d’affari globale di 2,7 miliardi di euro, oltre 27.000 immatricolazioni, dando lavoro a più di 20.000 addetti (*Comunicato Stampa ASTRE*, 5 aprile 2018)

Tunisia: Astre Italia, Serapide Trans, a new intermodal service

Serapide Trans Srl, a Campania company operating for over 50 years in the transport sector and associated with ASTRE Italia, part of the Euro-

pean network of transport and logistics SMEs, has officially inaugurated an innovative intermodal transport service between Italy and Tunisia. The new connection, thanks to the partnership with leading Italian railway and ship transport operators, makes the Bizerte-Milano-Bizerte round trip possible in just 7 days.

The service stems from the need to connect the Sideralba Maghreb production plant in Bizerte (Fig. 3) to Northern Italy, recently acquired by the Rapullino Group, to more easily connect the rolling mill to the markets of Central Europe. Serapide Trans has organized the transport of some elements of the Tunisian rolling mill production line on board of swap bodies, directly carrying out the road transport fraction and coordinating with third-party naval and rail services, so as to optimize and minimize transport delivery times.

The total distance, equal to 1,600 kilometers, is divided as follows: 180 kilometers by road, 670 kilometers by sea and 750 kilometers by rail.

“The Bizerte-Milan intermodal link gives continuity to the Scandinavian-Mediterranean Corridor of the TEN-T Network, extending it to North Africa passing through the ports of Salerno and Tunis and using three different modes of transport – said the Director of the Serapide Trans A. SIMEOLI. – In line with the commitment to environmental sustainability of Serapide Trans and ASTRE, the itinerary complies with the strictest terms of sustainable transport: more than 90% of the distance is traveled according to the principles of green logistics, thus relegating traction to rubber at less than 9% of the total distance. “

• *Note to the reader: ASTRE*

Born in 1992, ASTRE is a network of solid and independent SMEs, which has now become one of the major European transport and logistics grouping. With more than 400 distribution points located in more than 10 countries of the European Union, including Germany, Belgium, Spain, France, Italy, the Netherlands, Lithuania and the United Kingdom, ASTRE

continues to follow its vocation of international development. In 2010 ASTRE Italia was officially born, becoming the eighth ASTRE region. Currently, the European network has 161 members, with a total business volume of 2.7 billion euros, over 27,000 registrations and employing more than 20,000 workers (ASTRE Press Release, April 5th, 2018).

Svizzera: nuovo CEO di Hupac Intermodal SA

Nel mese di agosto 2018, il CEO di SBB Cargo International SA entrerà nell’organico dell’operatore intermodale Hupac. Porterà con sé un ricco bagaglio di know-how ferroviario quale fattore di successo per il futuro del trasporto combinato.

Hupac, l’operatore svizzero del trasporto combinato, si sta preparando a un graduale passaggio di testimone. Nell’agosto 2018, M. STAHLHUT (50) assumerà la guida dell’affiliata operativa Hupac Intermodal SA e, dopo un periodo di transizione di due anni, il Consiglio di Amministrazione gli affiderà anche la direzione generale della casa madre Hupac SA.

B. KUNZ (60), dal 2001 direttore di Hupac Intermodal SA e di Hupac SA, da agosto in avanti sarà a capo di Hupac SA per altri due anni. È altresì previsto che in seguito, in veste di membro del Consiglio di Amministrazione, KUNZ supporti l’azienda nella gestione di progetti strategici (Fig. 4).

M. STAHLHUT è CEO di SBB Cargo International SA dal 2010. Dopo aver prestato servizio per sei anni come ufficiale delle forze armate tedesche, ha iniziato la propria carriera come ingegnere ferroviario nel traffico merci delle Ferrovie Tedesche, dove ha finito col ricoprire la funzione di responsabile della regione di produzione di Mannheim. Dopo aver occupato posizioni gestionali e direttive presso varie ferrovie private (Eichholz, Ostthannoversche Eisenbahn, Arriva), nel 2010 STAHLHUT ha assunto la direzione della neo-fondata SBB Cargo International SA con le sue filiali estere di Italia e Germania.



(Fonte: Hupac. Source: Hupac)

Fig. 4 - B. KUNZ e M. STAHLHUT.
Fig. 4 - B. KUNZ and M. STAHLHUT.

In Hupac, costituita nel 1967, il cambio generazionale è stato pianificato e preparato accuratamente da lungo tempo. Dopo il passaggio della divisione finanze ad A. PIRRO (40) nel giugno 2017, la carica di CEO viene ora affidata a mani più giovani. “Consideriamo importante assicurare un fluido cambio generazionale, tale da garantire ai nostri clienti e partner un altissimo grado di continuità e di affidabilità”, afferma H.J. BERTSCHI, presidente del Consiglio di Amministrazione.

L’acquisizione di M. STAHLHUT consentirà a Hupac di assicurare al proprio sviluppo l’apporto di un affermato esperto del trasporto merci ferroviario in Europa. Alptransit e il “corridoio di 4 metri” rappresentano una grande sfida per il settore ed esige un’ancora più stretta concatenazione dei processi tra ferrovie e operatore intermodale. BERTSCHI: “Hupac trarrà grande profitto dalla competenza specifica di STAHLHUT. Know-how ferroviario e vicinanza al mercato sono la chiave del successo del traffico intermodale.” (Comunicato Stampa Hupac, 16 febbraio 2018).

Switzerland: new CEO of Hupac Intermodal Ltd

The CEO of SBB Cargo International AG will join intermodal trans-

port operator Hupac in August 2018. He brings extensive railway know-how, a vital success factor for the future of intermodal transport.

Swiss intermodal transport operator Hupac is preparing for a multi-stage change in its leadership. In August 2018, M. STAHLHUT (50) will take over the helm of the operating subsidiary Hupac Intermodal Ltd. After a two-year transitional phase, the Board of Directors will also transfer the management of the parent company Hupac Ltd to him (Fig. 4).

B. KUNZ (60), managing director of Hupac Intermodal Ltd and Hupac Ltd since 2001, will continue to head Hupac Ltd for another two years from this coming August. It is also foreseen that subsequently he will support the company’s strategic projects as a member of the Board of Directors. M. STAHLHUT has served as CEO of SBB Cargo International AG since 2010. After a six-year commitment as an officer of the German armed forces, he began his career as a railway engineer in the freight transport division of DB where he was lastly responsible for the Mannheim production region. STAHLHUT held a number of leadership and management positions at various private railroad companies (Eichholz, Ostthannoversche Eisenbahn, Arriva), before he took over the newly estab-

lished SBB Cargo International AG and its subsidiaries in Italy and Germany in 2010.

The generational change at Hupac, established in 1967, has been long planned and prepared with great care. After appointing A. PIRRO (40) head of the finance division in June of 2017, the position of CEO is now gradually transferred to a younger generation. “A seamless change is important to us to ensure a maximum of continuity and reliability to our customers and partners”, said H.J. BERTSCHI, Chairman of the Board of Directors.

M. STAHLHUT is a successful professional in European rail freight transportation and expected to continue growing Hupac’s business. The Swiss Alptransit tunnels with the “4-meter corridor” represent a significant challenge for the industry and require an even closer connection of the processes between railways and intermodal operator: “Hupac will benefit from STAHLHUT’s railway experience. Railway know-how plus market proximity are key for the success of intermodal transport,” said BERTSCHI (Hupac Press Release, February 16th 2018).

**INDUSTRIA
MANUFACTURES**

Danimarca: otto nuovi treni driverless per le linee M1/M2 della Metro di Copenhagen

Hitachi Rail Italy annuncia di aver firmato un contratto con Metroselskabet, società nata da una partnership tra il comune di Copenhagen, il Governo danese e la città di Frederiksberg per la fornitura di 8 treni driverless (Fig. 5) per le linee M1/M2 della metropolitana di Copenhagen.

Il contratto è stato firmato lo scorso 7 marzo ed ha un valore di circa 50 mln di euro. Hitachi Rail ha una forte presenza nella capitale danese: sempre sulle linee M1/M2 dal 2002 circolano infatti 34 veicoli realizzati nelle fabbriche italiane di Napoli, Pistoia e Reggio Calabria e a questi si aggiungono i 39 treni co-



(Fonte: HRI. Source: HRI)

Fig. 5 - Il modulo di testa del nuovo materiale rotabile per la rete Danese.
Fig. 5 - The head modul of new Danish rolling stock.

struiti per la linea di Cityringen che entreranno in servizio dal prossimo anno, tutti senza conducente.

Le nuove otto metro verranno consegnate entro il 2020 e saranno molto simili a quelle fornite per Cityringen con alcuni adattamenti necessari per consentirne l'utilizzo sulle linee M1/M2. I treni saranno quindi all'ultimo livello di evoluzione tecnologica già sviluppato per i veicoli di Cityringen.

La disposizione interna dei sedili sarà rivista per aumentare la capacità di trasporto, in linea con le necessità del servizio. Gli impianti di segnalamento e comunicazione, inclusi nella fornitura, saranno realizzati da Ansaldo STS.

“Il contratto firmato a Copenhagen – dichiara M. MANFELLOTTI, CEO Hitachi Rail Italy – conferma la capacità della nostra azienda di offrire prodotti e servizi con elevati standard di sicurezza, affidabilità e confort al passeggero, in grado di soddisfare i nostri clienti, consentendoci di creare con essi rapporti di fiducia e di lunga durata”.

“Nelle nostre fabbriche – afferma G. MARINO, COO Rolling Stock Hitachi Rail Italy – realizziamo treni che ci permettono di competere a livello internazionale: siamo infatti sostenuti

da una grande esperienza nel settore, da importanti investimenti tecnologici attraverso cui riusciamo costantemente ad innovarci in termini di ricerca e sviluppo, produzione e time to market, e dalla professionalità e competenza delle nostre persone” (Comunicato Stampa HRI, 13 marzo 2018).

Denmark: eight new driverless trains for M1/M2 lines of Copenhagen Metro

Hitachi Rail Italy announced that it has signed a contract with Metroselskabet, a partnership of the municipality of Copenhagen, the Danish Government and the city of Frederiksberg, for the supply of eight driverless trains (Fig. 5) for the M1/M2 lines of the Copenhagen Metro.

The contract was signed on 7th March and has a value of approximately EUR 50 million. Hitachi Rail already has a strong presence in the Danish capital. Since 2002, 34 Italian-made metro trains manufactured in Naples, Pistoia and Reggio Calabria have been in revenue service on the M1/M2 lines; an additional 39 trains manufactured for the Cityringen line will enter into service next year.

All vehicles are driverless metros. The eight new metro trains will be de-

livered by 2020 and will have similar features as the Cityringen vehicles with some necessary adaptations to run on the M1/M2 lines.

The trains will have the state-of-the-art technology already developed for the Cityringen vehicles. The internal layout will be designed to increase transport capacity, in line with the needs of the service. The signalling and communication systems, which are included in the contract, will be provided by Ansaldo STS. “The contract signed in Copenhagen – says M. MANFELLOTTI, CEO Hitachi Rail Italy – confirms our company’s ability to offer products and services that provide a comfortable, safe and reliable journey for passengers, giving our customers the means to run a smooth revenue service.

This in turn allows us to create solid and long-term relationships.” “In our plants – says G. MARINO, COO Hitachi Rail Italy – we manufacture trains that allow us to compete globally: we have great experience in the field, and make important investments in technology R&D that help us to constantly innovate in our production and time to market. All of which are supported by the skills and the expertise of our people.” (HRI Press Release, March 13th, 2018).

Svizzera: Galleria Base San Gottardo, il progetto del secolo vince l'European Railway Award 2018

Con questo premio la giuria rende omaggio alla galleria ferroviaria più lunga al mondo: ubicata nel cuore del Continente, la galleria di base del San Gottardo (GbG) permette di trasportare merci e viaggiatori in modo più rapido e affidabile sul più importante asse per il traffico merci, il corridoio Reno-Alpi. Il Capo Progetto FFS P. JEDELHAUSER e l'ex CEO di AlpTransit San Gottardo SA (ATG) R. SIMONI hanno ricevuto il riconoscimento in rappresentanza di tutti i collaboratori che hanno contribuito alla realizzazione del progetto del secolo.

Tra le motivazioni espresse dalla giuria vi è anche il ragguardevole

ruolo per il traffico merci transalpino europeo che svolge la galleria in materia di politica dei trasporti. La giuria ha inoltre lodato i presenti, P. JEDELHAUSER e R. SIMONI, per il loro determinante ruolo ai fini della costruzione e della messa in servizio della GbG.

Il direttore esecutivo della CER, L. LOCHMAN, ha sottolineato: "In Svizzera c'è un chiaro riconoscimento da parte dell'opinione pubblica e della politica della necessità di spostare il traffico merci dalla strada alla rotaia. La GbG è parte di questo piano ed è preziosa per i cittadini europei." P. CITROËN, direttore generale dell'UNIFE, ha aggiunto: "La galleria ferroviaria più lunga al mondo non è solo un esempio della straordinaria tecnica ingegneristica europea. Superando ostacoli geografici e infrastrutturali, il tunnel ci mostra come il traffico ferroviario possa assumere un ruolo decisivo per un'economia europea efficiente ed ecologica."

Durante la cerimonia di premiazione, R. SIMONI ha spiegato l'eccezionale importanza in termini di politica dei trasporti della GbG per il corridoio Reno-Alpi, ponendo soprattutto l'accento sul fatto che la GbG è "la prima ferrovia di pianura transalpina per il traffico merci". "Il punto più alto è situato ad appena 550 metri sul livello del mare", ha evidenziato.

Nel suo discorso di ringraziamento, oltre a elogiare le straordinarie prodezze tecniche, P. JEDELHAUSER ha voluto ribadire una cosa in particolare: "Con la galleria di base del San Gottardo è stato dimostrato ancora una volta che nonostante i grandi progressi tecnologici e organizzativi, l'uomo rimane il fattore di successo determinante". E proprio in quest'ottica ha ringraziato tutte le persone coinvolte nel progetto.

L'European Railway Award è un riconoscimento che viene conferito annualmente dal 2007. Con questo premio la Comunità Europea delle Ferrovie e delle Società d'infrastruttura (CER) e l'Associazione dell'Industria Ferroviaria Europea (UNI-

FE) celebrano gli straordinari progressi economici ed ecologici in ambito ferroviario. Tra i vincitori delle edizioni passate figurano l'ex commissario europeo per i trasporti K. VAN MIERT (2007) e l'ex presidente del governo spagnolo F. GONZALEZ (2010). Finora erano stati premiati altri due cittadini svizzeri: l'ex consigliere federale M. LEUENBERGER (2009) e l'ex CEO delle FFS B. WEIBEL (2013). Il premio ammonta a 10 000 euro. I vincitori di quest'anno hanno deciso di devolvere la totalità del denaro a istituzioni di pubblica utilità: il Fondo per il personale delle FFS e ARGO, la fondazione dei Grigioni per l'integrazione dei disabili.

Hanno ritirato il premio:

- P. JEDELHAUSER
Laureatosi in ingegneria civile al Politecnico federale di Zurigo, ha ricoperto vari incarichi lavorando ad esempio per Elektrowatt e Alstom Hydro in progetti di caratura mondiale, per poi arrivare alle FFS nel 2004. Nel 2011 P. JEDELHAUSER ha assunto la direzione dell'organizzazione di progetto interdivisionale «asse nord-sud del San Gottardo», che ha ricevuto in consegna la galleria di base del San Gottardo da AlpTransit SA in vista della sua messa in servizio, avvenuta ufficialmente l'11 dicembre 2016. Dall'autunno 2016 è a capo dell'organizzazione di programma FFS «Léman 2030». P. JEDELHAUSER ha 58 anni, è sposato e ha quattro figli.

- R. SIMONI
Titolare di un dottorato in ingegneria civile e pianificazione territoriale del Politecnico federale di Zurigo, R. SIMONI è stato presidente della direzione di AlpTransit San Gottardo SA da aprile 2007 a giugno 2017. Sotto la sua direzione sono stati ultimati gli scavi della galleria di base del San Gottardo, il tunnel è stato equipaggiato, testato e infine consegnato alla società esercente FFS. Parallelamente, sono stati portati a termine gli scavi della galleria di base del Monte Ceneri. R. SIMONI è originario dei Grigioni, ha 56 anni, è spo-

sato e ha due figli (*SBB Cargo International News*, 20 febbraio 2018).

Switzerland: San Gottardo Base tunnel, the project of the century wins the European Railway Award 2018

With this award, the jury pays tribute to the longest railway tunnel in the world: located in the heart of the Continent, the Gotthard Base Tunnel (GbG) allows goods and travelers to be transported more quickly and reliably on the most important traffic axis goods, the Rhine-Alpes corridor. The SBB Project Manager P. JEDELHAUSER and the former CEO of AlpTransit San Gottardo SA (ATG) R. SIMONI received the recognition representing all the collaborators who contributed to the realization of the project of the century.

Among the motivations expressed by the jury there is also the noteworthy role for the transalpine European freight traffic that carries out the tunnel in the field of transport policy. The jury also praised those present, Fr. JEDELHAUSER and R. SIMONI, for their decisive role in the construction and commissioning of the GbG.

The ERC Executive Director, L. LOCHMAN, said: "In Switzerland there is a clear recognition by the public and the policy of the need to shift freight traffic from road to rail. The GbG is part of this plan and is valuable to European citizens. "P. CITROËN, Director General of UNIFE, added: "The longest railway tunnel in the world is not just an example of the extraordinary European engineering technique. Overcoming geographical and infrastructural obstacles, the tunnel shows us how rail traffic can play a decisive role for an efficient and ecological European economy".

During the award ceremony, R. SIMONI explained the exceptional importance in terms of GbG transport policy for the Rhine-Corridor corridor, placing above all the emphasis on the fact that GbG is "the first transalpine plain railway for the goods traffic". "The highest point is located just 550 meters above sea level", he highlighted.

In his thanksgiving speech, in addition to praising the extraordinary technical feats, Fr. JEDELHAUSER wanted to reiterate one thing in particular: "With the Gotthard Base Tunnel it has been demonstrated once again that despite the great technological and organizational advances, the 'man remains the determining factor of success.' And in this light he thanked all the people involved in the project."

The European Railway Award is a recognition that has been awarded annually since 2007. With this award the European Community of Railways and Infrastructure Societies (CER) and the European Railway Industry Association (UNIFE) celebrate extraordinary economic and ecological aspects in the railway sector. The winners of the previous editions include former European transport commissioner K. VAN MIERT (2007) and former president of the Spanish government F. GONZALEZ (2010). Two other Swiss citizens have so far been rewarded: former Federal Councilor M. LEUENBERGER (2009) and former SBB CEO B. WEIBEL (2013). The prize amounts to 10,000 euros. The winners of this year have decided to donate all the money to institutions of public utility: the Fund for the staff of the SBB and ARGO, the foundation of the Grisons for the integration of the disabled.

The prize has been collected by:

- **P. JEDELHAUSER**

Graduated in civil engineering at the ETH Zurich, he held various positions, working for example for Elektrowatt and Alstom Hydro in world-class projects, before joining SBB in 2004. In 2011 Fr. JEDELHAUSER took over the project organization interdivisional "north-south axis of the Gotthard", which received the Gotthard Base Tunnel from AlpTransit SA in view of its commissioning, which officially took place on 11 December 2016. Since autumn 2016 it has been organization of the SBB program "Léman 2030." P. JEDELHAUSER is 58 years old, is married and has four children.

- **R. SIMONI**

Holder of a doctorate in civil engineering and territorial planning at the ETH Zurich, R. SIMONI was chairman of the management of AlpTransit San Gottardo SA from April 2007 to June 2017. Under his direction the excavations of the base tunnel of the San Gottardo, the tunnel was equipped, tested and finally delivered to the SBB company. At the same time, the excavations of the Monte Ceneri base tunnel were completed. R. SIMONI is originally from Graubünden, is 56 years old, is married and has two children (SBB Cargo International News, February 20th, 2018).

UK: Alstom rafforza la sua offerta digitale con l'acquisizione di 21net, provider di internet a bordo

Alstom ha firmato il contratto di acquisto di 21net dal fondo Innovacom e altri investitori. 21net è un provider di internet a bordo e di infotainment nel trasporto ferroviario passeggeri. La sua soluzione per la connettività a bordo si basa su tecnologie multiple, come il wireless satellitare, cellulare e ad alta velocità da antenne a terra. L'azienda ha il suo quartier generale nel Regno Unito, con filiali in Belgio, Francia, Italia e India.

Fondata nel 2001, l'azienda ha sviluppato negli anni esperienza nella progettazione di network end-to-end e nell'ottimizzazione di internet a banda larga nei treni ad alta velocità. In particolare, in Francia, l'azienda ha installato le componenti del Wi-Fi per i treni ad alta velocità TGV, grazie ad un contratto firmato con SNCF nel 2016. In Italia, Alstom ha già lavorato con 21net per il Wi-Fi e le attrezzature di infotainment della flotta treni di NTV.

"Questa nuova acquisizione, un anno dopo quella di Nomad Digital, permetterà ad Alstom di rafforzare la sua offerta digitale e il suo expertise in quest'area. La domanda da parte dei passeggeri di una connessione senza soluzione di continuità è oggi un imperativo. Alstom offrirà supporto agli operatori del settore nella

loro spinta verso i trend digitali in tutto il mondo" ha dichiarato J.F. BEAUDOIN, Alstom Senior Vice Presidente Digital Mobility.

La chiusura della transazione dovrebbe avvenire in un mese. Alstom inizierà ad integrare 21net nel Gruppo da quel momento (Comunicato Stampa Alstom, 7 marzo 2018)

UK: Alstom strengthens its digital offering with the acquisition of 21net, an on-board Internet provider

Alstom has signed a 21net purchase contract from the Innovacom fund and other investors. 21net is an on-board Internet and infotainment provider for passenger rail transport. Its on-board connectivity solution is based on multiple technologies, such as wireless satellite, cellular and high-speed satellite antennas. The company has its headquarters in the United Kingdom, with subsidiaries in Belgium, France, Italy and India.

Founded in 2001, the company has developed over the years experience in the design of end-to-end networks and in the optimization of broadband internet in high-speed trains. In particular, in France, the company installed the components of Wi-Fi for TGV high-speed trains, thanks to a contract signed with SNCF in 2016. In Italy, Alstom has already worked with 21net for Wi-Fi and the infotainment facilities of the NTV fleet of trains.

"This new acquisition, a year after that of Nomad Digital, will allow Alstom to strengthen its digital offering and its expertise in this area. The demand from passengers for a seamless connection is now an imperative. Alstom will offer support to industry players in their drive towards digital trends around the world," said J.F. BEAUDOIN, Alstom Senior Vice President Digital Mobility.

The transaction should close in one month. Alstom will start integrating 21net into the Group from that moment (Alstom Press Release, March 7th, 2018).

**VARIE
OTHERS**

Internazionale: 2^a Conferenza UEEIV su “Ingegneria dei sistemi”, bilanciamento tra rigida disciplina ingegneristica e libertà creativa

Il 29 maggio 2017 si è svolta a Utrecht/NL la seconda conferenza su “Ingegneria Dei Sistemi” in occasione della fiera RailTech Europe. L’ingegneria dei sistemi in termini di approccio olistico e metodo per risolvere sfide complesse coinvolge molto più degli aspetti puramente tecnici dell’ingegneria. Comprende anche aspetti aziendali e umani. L’esperienza ci insegna che molti fallimenti del progetto sono dovuti a una considerazione insufficiente dell’elemento umano. Il know-how tecnico e imprenditoriale è necessario per avere successo nei progetti, ma lo sono anche le competenze sociali e in particolare la capacità di ascoltare realmente le persone coinvolte e dare un feedback su ciò che è stato compreso al fine di evitare qualsiasi malinteso.

Anche questa seconda conferenza ha interessato i partecipanti con presentazioni di alto livello. F. HEIJNEN, Presidente di UEEIV, ha dato il benvenuto ai partecipanti e ha sottolineato l’urgente necessità di un ritorno a una visione più olistica del “sistema ferroviario”. L’obiettivo principale del seminario era di sensibilizzare i partecipanti sulle numerose interazioni tra i vari sottosistemi del settore ferroviario.

D. WIRTH, segretario UEEIV, ha parlato dell’importanza di coinvolgere un “system integrator” nella realizzazione di grandi progetti con il compito di collegare le varie discipline ingegneristiche e di collegare in modo appropriato le loro interfacce.

F. SCHMID, Univ. di Birmingham / UK, ha definito il termine “ingegnere dei sistemi” in maniera globale e ha parlato delle sette dimensioni della complessità ferroviaria: variabilità, diversità, vita degli asset, accoppia-

mento, interazioni, dispersione, normative e standard.

J. MARTENS, Speaker Automation / NL, ha sottolineato l’importanza dell’ingegneria dei sistemi nell’assistere le ferrovie per trovare un equilibrio tra costi, preoccupazioni ambientali, requisiti operativi e legali.

H.P. VETSCH, Vetsch Rail Consulting / CH, ha riferito della costruzione della Galleria di base del San Gotardo e del complesso compito di integrare in seguito l’intera attrezzatura della galleria in servizio ferroviario regolare.

S.O. SCHULZE, Gesellschaft für System Engineering / DE, ha coperto l’intero spettro dal mondo ferroviario. ‘Abbiamo bisogno di ingegneri di sistemi perché vogliamo risolvere i problemi!’

M. BOLLI, SANGMU / CH, ha spiegato il termine “ipercomplessità” usando l’esempio di, tra l’altro, l’implementazione a livello europeo del Sistema europeo di controllo dei treni (ETCS). I temi della sicurezza, dei costi, della capacità e della qualità del trasporto potrebbero essere risolti mediante l’ingegneria dei sistemi integrata dall’ingegneria aziendale e dalla gestione dell’allineamento personale.

M. KEHR, vicepresidente della UEEIV, ha parlato del programma di certificazione del personale “EU-RAIL-ING” dell’UEEIV e della possibilità di diventare un “operatore per la manutenzione del binario” certificato. Risultò che tutti i partecipanti erano sostenitori dell’ingegneria dei sistemi e volevano saperne di più.

Al fine di garantire l’applicazione diffusa dell’ingegneria dei sistemi sarà necessario attirare l’attenzione sui benefici di questo metodo per gli stakeholder del progetto che non ne hanno ancora sentito parlare. (*Per gentile concessione di “Union of European Railway Engineer Associations-Report 2018”, dicembre 2017, Dipl. Ing, Msc. D. WIRTH).*

International: 2nd UEEIV Conference on ‘Systems Engineering’, Balancing act between rigid engineering discipline and creative freedom

On 29 May 2017, the second conference on ‘systems engineering’ took place in Utrecht/NL on the occasion of the RailTech Europe exhibition. Systems engineering in terms of a holistic approach and method to resolve complex challenges involves much more than the purely technical aspects of engineering. It also includes business and human aspects. Experience teaches us that many project failures are due to an insufficient consideration of the human element. Technical and business know-how are necessary to succeed in projects, but so are social competence and in particular the ability to really listen to those involved and give feedback on what has been understood in order to avoid any misunderstanding.

Also this 2nd conference impressed participants with interesting top-notch presentations. F. HEIJNEN, President of UEEIV, welcomed the participants and underscored the urgent need for a return to a more holistic view of the ‘railway system’. The primary objective of the seminar was to raise the participants’ awareness of the numerous interactions between the various subsystems of the rail sector.

D. WIRTH, Secretary of UEEIV, spoke about the importance of involving a ‘systems integrator’ in the implementation of major projects with the task of dovetailing the various engineering disciplines and appropriately linking their interfaces.

F. SCHMID, Univ. of Birmingham/UK, defined the term ‘systems engineer’ in a global manner and talked about the seven dimensions of railway complexity: variability, diversity, asset life, coupling, interactions, dispersion, regulations and standards.

J. MARTENS, Speaker Automation/NL, underscored the importance of systems engineering in assisting railways to strike a balance between costs, environmental concerns, operational and legal requirements.

H.P. VETSCH, Vetsch Rail Consulting/CH, reported on the construction of the Gotthard Base Tunnel and the complex task of later integrating the entire tunnel equipment into regular rail service.

S.O. SCHULZE, Gesellschaft für System Engineering/DE, covered the whole spectrum from outer space to railways. 'We need systems engineers because we want to solve problems!'

M. BOLLI, SANGMU/CH, explained the term 'hypercomplexity' using the example of, inter alia, the Europe wide implementation of the European Train Control System (ETCS). The topics of safety, costs, capacity and quality of transport could be resolved by systems engineering supplemented by business engineering and personal alignment management.

M. KEHR, Vice-President of UEEIV, spoke about the UEEIV's 'EURAIL-ING' staff certification programme and about the possibility of becoming a certified 'track machine operator'.

It turned out that all the participants were supporters of systems engineering and wanted to learn more about it.

In order to ensure the widespread application of systems engineering it will be necessary to draw attention to the benefits of this method to the project stakeholders who have not yet heard of it. (Courtesy "Union of European Railway Engineer Associations- Report 2018", December 2017, Dipl.-Ing, Msc. D. WIRTH)

Francia: Prysmian vince il premio "Airbus Electrics Industrial Excellence 2017"

In occasione della cerimonia "Airbus Electrics Supplier Awards 2017" organizzata a Tolosa, Prysmian Group ha ricevuto il premio "Airbus Industrial Excellence 2017" – con il quale Airbus premia i migliori fornitori in base alle performance tecniche, operative e commerciali – per la categoria "Electrics Supplier", grazie agli eccellenti risultati della business unit Aerospace di Prysmian.

Prysmian è uno dei principali fornitori di cavi elettrici per i più importanti produttori di aeromobili a livello internazionale e negli anni ha raggiunto risultati eccezionali, in particolare nella collaborazione con Airbus. Per il secondo anno consecutivo, Prysmian si è distinta tra tutti gli altri fornitori di cavi elettrici che operano con Airbus, in termini di efficienza, prestazioni industriali e qualità del servizio. Il Gruppo ha ricevuto il premio già nel 2016, e questo nuovo premio è un successo straordinario e ben meritato.

Il rapporto commerciale fra Prysmian e Airbus è di lunga durata, costruito negli anni con la fornitura di decine di migliaia di chilometri di cavi per tutti i velivoli Airbus, inclusi il recente A320 neo e il super-tecnologico A350.

Questo premio rappresenta non solo un eccezionale traguardo per il Gruppo, ma anche un chiaro segnale di riconoscimento e apprezzamento del ruolo fondamentale che Prysmian gioca all'interno della supply chain di Airbus e dei punti di forza di Prysmian come fornitore di alto valore in termini di continuità di prestazioni, affidabilità del servizio e qualità dei prodotti.

Eccellenza operativa – in termini di capacità commerciali e tecniche – qualità e logistica, eccellenza industriale e strategica, sono i parametri di valutazione che hanno portato all'aggiudicazione del premio. Il questionario di valutazione compilato per Airbus ai fini dell'assegnazione del premio, ha evidenziato per Prysmian una crescita continua in tutti i parametri a conferma non solo dell'eccellenza industriale del Gruppo e della qualità dei prodotti, ma anche della grande reattività alle richieste dei clienti e della rapidità di risposta alle richieste.

"Per il secondo anno consecutivo, abbiamo ricevuto un riconoscimento eccezionale che testimonia la competenza e la conoscenza del business, l'attitudine a lavorare in team e la forte collaborazione con i nostri clienti" ha dichiarato G. SOFIA, Diret-

tore Manufacturing di Prysmian Group.

"Il mantra della nostra Business Unit è la ricerca della perfezione e Airbus ci sprona ad alzare il livello delle nostre prestazioni sempre più in alto," ha aggiunto C. PELLETIER, BU Aerospace Sales Director di Prysmian Group.

Il premio "Airbus Industrial Excellence" è il risultato di uno straordinario lavoro di squadra e dell'arduo lavoro che è stato fondamentale per soddisfare gli stringenti requisiti di Airbus: congratulazioni al team Aerospace (*Comunicato Stampa Prysmian Group*, 6 aprile 2018).

France: Prysmian wins "Airbus Electrics Industrial Excellence 2017" award

At the "Airbus Electrics Supplier Awards 2017" ceremony held in Toulouse, Prysmian Group received the "Airbus Industrial Excellence 2017" award – with which Airbus awards the best suppliers based on technical, operational and commercial performance – for the category "Electrics Supplier", thanks to the excellent results of Prysmian's Aerospace business unit.

Prysmian is one of the leading suppliers of electric cables for the most important aircraft manufacturers worldwide and has achieved exceptional results over the years, particularly in collaboration with Airbus. For the second consecutive year, Prysmian has distinguished itself among all the other suppliers of electric cables operating with Airbus, in terms of efficiency, industrial performance and quality of service. The Group received the award already in 2016, and this new award is an extraordinary and well deserved success.

The commercial relationship between Prysmian and Airbus is long-lasting, built over the years with the provision of tens of thousands of kilometers of cables for all Airbus aircraft, including the recent A320 and the super-technological A350.

This award represents not only an exceptional achievement for the Group, but also a clear signal of recognition and appreciation of the fundamental role that Prysmian plays within the Airbus supply chain and of Prysmian's strengths as a high-value supplier in terms of continuity of services, service reliability and product quality.

Operational excellence – in terms of commercial and technical skills – quality and logistics, industrial and strategic excellence, are the evaluation parameters that led to the awarding of the prize. The evaluation questionnaire compiled for Airbus for the awarding of the prize showed Prysmian a continuous growth in all the parameters confirming not only the Group's industrial excellence and product quality, but also the great reactivity to the requests of the customers and the speed of response to requests.

"For the second year in a row, we have received exceptional recognition that prove the competence and knowledge of the business, the ability to work in teams and the strong collaboration with our customers" declared G. SOFIA, Prysmian Group Manufacturing Director. "The mantra of our Business Unit is the pursuit of perfection and Airbus encourages us to raise the level of our performance even higher," added C. PELLETIER, BU Aerospace Sales Director of Prysmian Group.

The "Airbus Industrial Excellence" award is the result of extraordinary teamwork and hard work that has been instrumental in fulfilling Airbus's stringent requirements: congratulations to the Aerospace team (Press Release Prysmian Group, April 6th, 2018).

Paesi Bassi: test su Aptis per la mobilità elettrica

Alstom e la sua controllata NTL presenteranno Aptis e la sua nuova esperienza di mobilità, nei Paesi Bassi durante un roadshow di tre settimane in cui Aptis verrà testato dall'azienda di trasporti QBuzz a Utrecht,

Groninga e Assen e dalla società Rotterdamse Elektrische Tram (RET) a Rotterdam. Il primo test di una settimana sarà effettuato a partire dal 9 aprile a Utrecht, prima di passare a Rotterdam dal 16 al 20 aprile. Il roadshow continuerà, poi, dal 23 al 27 aprile a Groninga e dal 30 aprile al 3 maggio a Assen.

"Ci fa piacere che Aptis e le sue caratteristiche all'avanguardia abbiano suscitato l'interesse nelle città olandesi. Questo roadshow è un'ottima opportunità per mostrare ancora una volta la capacità unica di Aptis di adattarsi agli ambienti urbani. Tutto ciò non sarebbe stato possibile senza l'attenzione da parte di Qbuzz e RET per le soluzioni di mobilità urbana del futuro" ha dichiarato M. MILLER, Direttore Generale Alstom Benelux.

Aptis, co-sviluppato da Alstom e NTL, il 19 ottobre 2017 ha vinto il Premio per l'innovazione al Busworld, l'expo internazionale del bus, tenutasi a Courtrai, in Belgio. I prototipi, prodotti nel sito NTL di Duppingheim, Francia, al momento sono in fase di test in diverse città europee.

I test nei depositi dei clienti e quelli condotti in circostanze operative reali sono pensati per valutare la performance delle specifiche caratteristiche di Aptis negli ambienti urbani, il sistema di ricarica, la sua autonomia e la performance di inserimento nel traffico, dopo i primi test positivi condotti nella Ile-de-France (Parigi e Versailles), a Lione, Strasburgo, Marsiglia, Belgio e, più recentemente, in Germania (Berlino e Amburgo).

Aptis offre un'esperienza di viaggio unica per il passeggero: il pianale ribassato del veicolo e le ampie porte doppie permettono un agevole flusso dei passeggeri e rendono il bus accessibile alle sedie a rotelle e ai passeggeri. Ampi finestrini panoramici davanti, dietro e lungo tutto il bus rappresentano il 20% in più di superficie coperto da vetri rispetto a un autobus convenzionale. Un esempio del suo layout flessibile viene, inoltre, anche dalla presenza di una lounge sul retro.

Il veicolo si muove bene nell'ambiente urbano grazie ai suoi due semiassi che minimizzano il raggio di sterzata e la superficie richiesta nelle curve (-25% rispetto ad un bus convenzionale). Ciò rappresenta un vantaggio soprattutto in fase di sosta, in quanto si riduce lo spazio necessario per il parcheggio (lasciando spazio al parcheggio di altri veicoli) e si aumenta l'accessibilità per i passeggeri. Di notte Aptis può essere ricaricato nei depositi e di giorno ad ogni capolinea. Questo sistema di ricarica veloce è offerta o da un pantografo rovesciato o dal sistema SRS, la rivoluzionaria soluzione di ricarica a terra firmata Alstom. Grazie ai ridotti costi operativi e di mantenimento e ad una vita più lunga (20 anni) rispetto ai bus tradizionali il costo totale di gestione di Aptis è equivalente a quello degli odierni autobus diesel.

- *Nota per il lettore: NTL*

NTL è un fornitore di soluzioni innovative per il trasporto pubblico. L'azienda progetta e produce una gamma di tram Translohr che viaggiano su pneumatici di gomma e Aptis, una nuova esperienza di mobilità, sviluppata congiuntamente al suo principale azionista Alstom. La nuova generazione di sistemi di trasporto elettrici di NTL realizza gli obiettivi di eco-mobilità delle città di tutto il mondo: trasporti puliti, capienza, facilità d'accesso, funzionamento pressoché silenzioso, oltre al facile inserimento nei sistemi stradali urbani esistenti. NTL è stata costituita nell'ottobre 2012 e conta 200 dipendenti nella sua sede di Duppingheim, in Francia. Le quote di partecipazione di NTL sono detenute da Alstom (51%) e BPI France (49%). (Comunicato Stampa Alstom, 10 aprile 2018)

Netherlands: test on Aptis for electric mobility

Alstom and its subsidiary NTL will present Aptis and its new mobility experience in the Netherlands during a three-week road show in which Aptis will be tested by the QBuzz transport company in Utrecht, Groningen and

Assen and by the company Rotterdamse Elektrische Tram (RET) in Rotterdam. The first one-week test will be carried out from April 9th in Utrecht, before moving to Rotterdam from April 16th to 20th. The roadshow will then continue from 23 to 27 April in Groningen and from 30 April to 3 May in Assen.

“We are pleased that Aptis and its cutting-edge features have attracted interest in Dutch cities. This roadshow is a great opportunity to show once again the unique ability of Aptis to adapt to urban environments. All this would not have been possible without the attention of Qbuzz and RET for the urban mobility solutions of the future” declared M. MILLER, General Manager Alstom Benelux.

Aptis, co-developed by Alstom and NTL, won the Innovation Award at Busworld, the international bus expo, held in Courtrai, Belgium, on 19 October 2017. The prototypes, produced at the NTL site in Duppigheim, France, are currently being tested in several European cities.

The tests in customer deposits and those carried out in real operational circumstances are designed to assess

the performance of Aptis' specific characteristics in urban environments, the recharging system, its autonomy and the performance of traffic inclusion, after the first positive tests conducted in the Ile-de-France (Paris and Versailles), in Lyon, Strasbourg, Marseilles, Belgium and, more recently, in Germany (Berlin and Hamburg). Aptis offers a unique travel experience for the passenger: the lowered vehicle floor and the large double doors allow an easy flow of passengers and make the bus accessible to wheelchairs and strollers. Large panoramic windows in front, back and along the entire bus account for 20% more glass-covered surfaces than a conventional bus. An example of its flexible layout also comes from the presence of a lounge at the back.

The vehicle moves well in the urban environment thanks to its two axle shafts that minimize the turning radius and the required surface in the curves (-25% compared to a conventional bus). This is an advantage especially during stopping, as it reduces the space required for parking (leaving space for parking of other vehicles) and increases the accessibility for passengers. At night, Aptis can be

recharged in stores and during the day at each terminus. This fast charging system is offered either by an over-turned pantograph or by the SRS system, the revolutionary ground recharge solution signed by Alstom. Thanks to reduced operating and maintenance costs and a longer life (20 years) compared to traditional buses, Aptis' total operating cost is equivalent to that of today's diesel buses.

- Note to the reader: NTL

NTL is a provider of innovative solutions for public transport. The company designs and manufactures a range of Translohr trams that travel on rubber tires and Aptis, a new mobility experience, developed jointly with its main shareholder Alstom. NTL's new generation of electric transport systems realizes the eco-mobility goals of cities all over the world: clean transportation, capacity, ease of access, almost silent operation, as well as easy entry into existing urban road systems. NTL was established in October 2012 and employs 200 people at its headquarters in Duppigheim, France. NTL's stakes are held by Alstom (51%) and BPI France (49%) (Alstom Press Release, April 10th, 2018).

1991: LA LINEA PIÙ VELOCE E LA LINEA PIÙ LENTA

Vent'anni or sono, nel 1991, ancor prima di divenire Società per Azioni, le Ferrovie dello Stato Italiane ereditavano una Rete caratterizzata, al massimo livello, dalla Direttissima Roma - Firenze, capostipite della Rete Alta Velocità e, di contro, da una serie di piccole linee locali, figlie del periodo ottocentesco in cui non esistevano alternative alla ferrovia anche sulle brevissime distanze. In mezzo a tali due estremi, le linee che ancor oggi costituiscono la Rete tradizionale.

In un documentario dell'epoca realizzato da Claudio Migliorini si possono rivivere alcuni aspetti attinenti alle due situazioni estreme anzidette.

Il video esordisce con un reportage su un viaggio organizzato in Direttissima tra Orvieto e Firenze dal CIFI il 13 aprile 1991 con l'ETR Y 500, allora l'unico "supertreno" di FS capace di raggiungere i 300 km/h, "progenitore" di tutti i moderni "Frecciarossa" che oggi collegano velocemente le principali città italiane.

E dopo (l'allora) linea più veloce, la telecamera ci fa compiere un'escursione lungo (l'allora) linea più lenta della Rete FS, la Poggibonsi - Colle Val d'Elsa, che conservò fino alla sospensione definitiva del servizio ferroviario (1987) le sue caratteristiche di linea "economica" ottocentesca: qui si trovava tra l'altro la curva più stretta della Rete FS a scartamento ordinario, con soli 100

metri di raggio. A seguito dell'atto ministeriale di dismissione (2009), oggi sul tracciato della linea colligiana si è realizzata una pista ciclabile, mentre il traffico motorizzato è stato integralmente trasferito su strada e ha beneficiato di interventi di razionalizzazione infrastrutturale che hanno interessato pure le ex aree ferroviarie (ved. articolo su "La Tecnica Professionale" n. 9/settembre 2011).

Il filmato costituisce in definitiva una testimonianza autentica dell'eredità della gestione statale e che, raffrontata con la situazione odierna, rende conto di come la successiva evoluzione delle Ferrovie dello Stato Italiane abbia portato, in una logica

imprenditoriale d'Impresa, da un lato a sviluppare e potenziare i servizi di punta ad alta redditività economica e sociale (Alta Velocità/Alta Capacità) e, all'opposto, a lasciare alle altre modalità di trasporto molte relazioni a brevissimo raggio caratterizzate strutturalmente da una sostenibilità nulla se realizzate su ferro.

Il CIFI per coprire le spese di produzione e confezionamento, è in grado di fornire i DVD al costo unitario di soli € 13,50. Per sconti, spese di spedizione e modalità di acquisto consultare la pagina "Elenco di tutte le pubblicazioni CIFI" sempre presente nella Rivista.



IL SEGNALAMENTO DI MANOVRA NELLA IMPIANTISTICA FS STANDARD FUNZIONALI E APPLICAZIONE CONVENZIONALE

Con questo volume il CIFI intende colmare la lacuna relativa alla mancanza nella letteratura di testi sul segnalamento di manovra, spesso considerato complementare al segnalamento "alto" pur non essendo meno importante.


Questo primo volume sugli apparati convenzionali, insieme al secondo in preparazione sugli apparati statici, è indirizzato ai progettisti del segnalamento e ai cultori di impianti ferroviari che vi troveranno una completa "biblioteca" storica e tecnica in materia, per il numero e l'eshaustività degli argomenti trattati.

Contenuti del libro: standard del segnalamento di manovra; la logica circuitale; piani schematici di riferimento; tabelle delle condizioni; circuiti elettrici; condizioni operative.

296 pagine in formato A4, ricco di schemi e circuiti. Prezzo di copertina € 30,00. Per sconti, spese di spedizione e modalità di acquisto consultare la pagina "Elenco di tutte le pubblicazioni CIFI" sempre presente nella Rivista.



INDICE PER ARGOMENTO

- 
- 1 - CORPO STRADALE, GALLERIE, PONTI, OPERE CIVILI
 - 2 - ARMAMENTO E SUOI COMPONENTI
 - 3 - MANUTENZIONE E CONTROLLO DELLA VIA

 - 4 - VETTURE
 - 5 - CARRI
 - 6 - VEICOLI SPECIALI
 - 7 - COMPONENTI DEI ROTABILI

 - 8 - LOCOMOTIVE ELETTRICHE
 - 9 - ELETTROTRENI DI LINEA
 - 10 - ELETTROTRENI SUBURBANI E METRO
 - 11 - AZIONAMENTI ELETTRICI E MOTORI DI TRAZIONE
 - 12 - CAPTAZIONE DELLA CORRENTE E PANTOGRAFI
 - 13 - TRENI, AUTOMOTRICI E LOCOMOTIVE DIESEL
 - 14 - TRASMISSIONI MECCANICHE E IDRAULICHE
 - 15 - DINAMICA, STABILITÀ DI MARCIA, PRESTAZIONI, SPERIMENTAZIONE

 - 16 - MANUTENZIONE, AFFIDABILITÀ E GESTIONE DEL MATERIALE ROTABILE
 - 17 - OFFICINE E DEPOSITI, IMPIANTI SPECIALI DEL MATERIALE ROTABILE

 - 18 - IMPIANTI DI SEGNALAMENTO E CONTROLLO DELLA CIRCOLAZIONE - COMPONENTI
 - 19 - SICUREZZA DELL'ESERCIZIO FERROVIARIO
 - 20 - CIRCOLAZIONE DEI TRENI

 - 21 - IMPIANTI DI STAZIONE E NODALE E LORO ESERCIZIO
 - 22 - FABBRICATI VIAGGIATORI
 - 23 - IMPIANTI PER SERVIZIO MERCI E LORO ESERCIZIO

 - 24 - IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA

 - 25 - METROPOLITANE, SUBURBANE
 - 26 - TRAM E TRAMVIE

 - 27 - POLITICA ED ECONOMIA DEI TRASPORTI, TARIFFE
 - 28 - FERROVIE ITALIANE ED ESTERE
 - 29 - TRASPORTI NON CONVENZIONALI
 - 30 - TRASPORTI MERCI
 - 31 - TRASPORTO VIAGGIATORI
 - 32 - TRASPORTO LOCALE
 - 33 - PERSONALE

 - 34 - FRENI E FRENATURA
 - 35 - TELECOMUNICAZIONI
 - 36 - PROTEZIONE DELL'AMBIENTE
 - 37 - CONVEGNI E CONGRESSI
 - 38 - CIFI
 - 39 - INCIDENTI FERROVIARI
 - 40 - STORIA DELLE FERROVIE
 - 41 - VARIE

I lettori che desiderano fotocopie delle pubblicazioni citate in questa rubrica, e per le quali è autorizzata la riproduzione, possono farne richiesta al CIFI - Via Giolitti, 48 - 00185 ROMA. Prezzo forfettario delle riproduzioni: - € 6,00 fino a quattro facciate e € 0,50 per facciata in più, oltre le spese postali ed IVA. Spedizione in porto assegnato. Si eseguono ricerche bibliografiche su argomenti a richiesta, al prezzo di € 6,00 per un articolo segnalato e € 2,00 per ogni copia in più dello stesso articolo, oltre le spese postali ed IVA.

Tutte le riviste citate in questa rubrica sono consultabili presso la Biblioteca del CIFI - Via Giolitti, 48 - 00185 ROMA - Tel. 0647306454; FS (970) 66454 - Segreteria: Tel. 064882129.

NUOVA EDIZIONE DEL CIFI

La prima vera opera sulle Stazioni ferroviarie italiane

Massimo Gerlini, Paolo Mori e Raffaello Paiella

ARCHITETTURA E PROGETTI DELLE STAZIONI ITALIANE ... DALL'OTTOCENTO ALL'ALTA VELOCITÀ

Il volume condensa, in 675 pagine, 175 anni di storia delle stazioni ferroviarie italiane, in particolare dei Fabbricati Viaggiatori, raccontandone l'evoluzione e lo sviluppo dal 1830 ad oggi.

Gli autori, architetti che hanno operato a lungo nella struttura erede dello storico Ufficio Architettura e Fabbricati di Ferrovie dello Stato Italiane, dopo aver illustrato sinteticamente questo lungo percorso, anche attraverso esempi internazionali, scandito nei vari passaggi evolutivi in termini tipologici e architettonici (dai semplici imbarcaderi del primo periodo ai magnificenti edifici di fine '800, dagli esempi ispirati al movimento moderno e al pragmatismo della ricostruzione sino agli attuali poli d'interscambio e centralità urbana), ne condensano in 135 schede alcuni significativi esempi, selezionati tra le circa 2.200 stazioni che caratterizzano il panorama nazionale, rivisitati dalle fasi progettuali iniziali alle loro attuali configurazioni.

Dalla stazione di Lucca, del 1848, fino a quella di Vesuvio Est per l'Alta Velocità, in fase di progettazione, le schede, presentate in ordine cronologico, contrassegnano i Fabbricati Viaggiatori in base al prevalente interesse culturale, architettonico, funzionale e/o territoriale.

Per ciascuna stazione sono esposti sinteticamente i dati territoriali, tipologici e di progetto dell'impianto, illustrandone poi i cenni storici e le caratteristiche architettoniche salienti con numerose fotografie e la riproduzione di elaborati progettuali in larga parte inediti, resa possibile da un lungo lavoro di ricerca, svolto anche nella cura e nella organizzazione dell'Archivio Architettura che gli autori hanno contribuito a costituire negli anni recenti, presso la Fondazione delle Ferrovie dello Stato Italiane.

Il lavoro risultante, oltre che colmare una lacuna editoriale in questo campo, pur oggetto di tante pubblicazioni, ha il merito di costituire il primo compendio di "oggetti



Esempio dei contenuti del volume:
Stazione ferroviaria di Albenga - 1937: progetto
Arch. Roberto Narducci (FS)




architettonici" che sarà particolarmente utile a studiosi, ricercatori e cultori oltre che a tutti gli appassionati dell'affascinante mondo delle ferrovie.

"La rassegna cronologicamente ordinata delle architetture e dei progetti di stazioni ferroviarie - scrive la Prof. Arch. Elisabetta Collenza nella presentazione del volume - ritenute maggiormente significative a livello storico, tipologico, architettonico e urbano aderisce alla logica del "manuale" tesa a raccogliere e organizzare il "materiale" prodotto sino ad oggi sul tema per permetterne un'agevole conoscenza soprattutto nella formazione scientifica e professionale dello studente e per la formulazione di nuove proposte progettuali.

La stazione ferroviaria appartiene a quella categoria di edifici che rivestono un ruolo istituzionale nella società e che attraverso l'evolversi dei fattori storici, culturali, funzionali, sintetizzati nel "tipo edilizio", sono nella costante ricerca di un'identità consona al contesto storico e territoriale in continua trasformazione. È per questo un tema "aperto" a nuovi approfondimenti: lo dimostrano, infatti, le numerose pubblicazioni su riviste di architettura, i libri e le ricerche condotte in ambito universitario che hanno svolto un'efficace azione divulgativa delle più interessanti opere di architettura ferroviaria realizzate dalla metà circa del XIX secolo sino ai nostri giorni.

- 67 Sviluppo di un azionamento di trazione per elettromotrici alimentate da batterie o da linea di contatto. Prove in linea per valutare le prestazioni delle batterie
(TAGUCHI – KADOWAKI – NAKAMURA – MIKI – HATAKEIDA – ARITA)
Development of a traction circuit for battery powered and AC-fed dual source EMU and running test evaluation of the on-board battery performance
Quarterly Report of RTRI, vol. 56, maggio 2015, pagg. 98-104, figg. 14. Biblio 8 titoli.
-
- 68 Metodo di misura e di previsione di campi magnetici a bassa frequenza nei rotabili ferroviari
(KATO - HASEGAWA)
Measurement and prediction method of low frequency magnetic fields on railway vehicles
Quarterly Report of RTRI, vol. 56, maggio 2015, pagg. 137-142, figg. 12. Biblio 10 titoli.
-
- 69 Il motore a magneti permanenti di Alstom
(CIRY)
Le moteur à aimants permanents de Alstom
Revue Générale des Chemins de Fer, luglio 2017, pagg. 71-73, figg. 6.
Breve nota illustrativa.
-
- 70 Impianti di erogazione della sabbia: soluzioni tranviarie per i casi di scarsa aderenza
(KING)
Sandungssysteme: Straßenbahnlosungen bei verminderten Reibwerten
ZEVRail, aprile 2017, pagg. 146-152, figg. 9. Biblio 2 titoli.
Applicazione su materiale suburbano. Dettagli di funzionamento e risultati sperimentali.
-
- 71 Sistema autonomo di controllo e generazione di energia e osservazione continua dello stato di un carro merci
(KRAUS - HECHT)
Energieautarke Sensorsysteme zur Zustandueberwachung am Güterwagen
ZEVRail, aprile 2017, pagg. 116-124, figg. 8. Biblio 5 titoli.
Un sistema elettromeccanico azionato dalla ruota produce energia elettrica ad uso dei sensori usati. Apparecchiatura destinata alle applicazioni di IT.
-
- 72 Controllo della marcia dei veicoli: ampliamento delle tecniche di detezione degli svii per applicazioni su binari posati su lastre di calcestruzzo
(FRIESEN – HERDEN – KREISEL – HERMANN – GÖTZ – DONGANG)
Lauftechniküberwachung: Erweiterung der Entgleisungsdetektion für Anwendungen auf Festen Fahrbahnen
ZEVRail, settembre 2017, pagg. 341-345, figg. 8. Biblio 2 titoli.
Nuovo sensore della Knorr Bremse studiato per veicoli marcianti su binario a piastroni. Risultati di sperimentazione e dispositivi di prova.
-
- 73 Frontale carenato del NGT costituito da forma segmentata avente funzione antiurto
(FRICKE – WINTER - KADEN – VINOT)
Endwagen des NGT mit segmentierter Bugnase als Crash-Element
ZEVRail, settembre 2017, pagg. 347-355, figg. 17. Biblio 5 titoli.
Rapporti su esperimenti compiuti sul nuovo treno per AV.
-
- 74 Alternative per gli azionamenti delle locomotive di manovra e mezzi ausiliari delle SBB
(HOFFMANN – DITTUS – FABBRETTI – PAGENKOPF – BÖHM)
Alternative Antriebskonzepte für Rangieren und Baufahrzeugen der Schweizerischen Bundesbahnen SBB
ZEVRail, aprile 2017, pagg. 125-133, figg. 6. Biblio 7 titoli.

IF Biblio	Azionamenti elettrici e motori di trazione	11
<p>75 Monitoraggio continuo dello stato di isolamento degli avvolgimenti di motori di trazione impiegati per estesi periodi mediante convertitori di corrente e valutazione dei transistori di commutazione (VOGELBERGERN – BAZART – ZOELLER – WOLLBANK) <i>Onlinezustandüberwachung der Wicklungsisola-tion von hochausgenützten Eisenbahn traktions motoren mittels innovativer Motostrangstromauswertung bei Umrichterspulsion</i> ZEVrail, ottobre 1017, pagg. 402-408, figg. 7. Biblio 12 titoli.</p>	<p>76 Tecnologia dei motori di trazione a magneti permanenti impiegati sull'elettrotreno A.V. Velaro (KOERNER – CAI – ADAM) <i>Permanent magnet motor technology for Velaro high speed train</i> ZEVrail, novembre-dicembre 2017, pagg. 452-458, figg. 7. Biblio. 5 titoli. Testo in inglese.</p>	

IF Biblio	<i>Circolazione dei treni</i>	20
<p>218 Modello per la realizzazione, nel futuro, di una attuazione della circolazione ferroviaria (DEUNHOFER – BERGER-BOYER – FRENZL) <i>Bewertungsmodelle zur Gewährleistung eines sicheren Bahnbetriebes in der Zukunft</i> ETR, giugno 2017, pagg. 82-85, figg. 6. Biblio 16 titoli.</p>	<p>222 Suggerimenti per la marcia dei treni nelle ferrovie suburbane, orientata alla puntualità ed al risparmio di energia (STUCKER – GRAFFAGNINO – SCHÄFER) <i>Fahrempfehlungen im S-Bahn Betrieb: pünktlich und Energiesparend am Ziel!</i> ETR, ottobre 2017, pagg. 75-80, figg. 6.</p>	
<p>219 Metodologia per l'utilizzazione efficiente delle tracce in funzione delle necessità del mercato ferroviario (LI – MARTIN – OEDING – NACHTIGALL) <i>Methodik zur effizienten märkt geeigneten Tastenbelegung im spurgeführten Verkehr</i> ETR, giugno 2017, pagg. 56-64, figg. 6. Biblio 20 titoli.</p>	<p>223 Piani alternativi di circolazione robusti e favorevoli all'utenza, durante gli intervalli di costruzione o manutenzione (VÜST – STEINER – GOMEZ) <i>Kundenfreundliche und robuste Ersatzfahrpläne während Bau- und Unterhaltsintervallen</i> ETR, ottobre 2017, pagg. 57-61, figg. 4. Biblio 8 titoli. Procedimento grafico documentato con esempi.</p>	
<p>220 Analisi della regolarità della circolazione: nuovi impieghi e trasformazioni numeriche (REVEILLAC – VAUTERNE) <i>Analyse de la régularité de la circulation: nouveaux auge et transformations numériques</i> Revue Générale des Chemins de Fer, luglio 2017, pagg. 40-51, figg. 15. Importante contributo alla valutazione delle condizioni di circolazione in tempo reale.</p>	<p>224 Le interfacce terra/treno degli automatismi di servizio ed i loro effetti sulla circolazione (MENAY) <i>Les interfaces sol/trains des automatismes de service et leur conséquences sur la circulation</i> Revue Générale des Chemins de Fer, novembre 2017, pagg. 40-44, figg. 9.</p>	
<p>221 Ricerca sull'impostazione di problemi complessi riguardanti aspetti tecnici e sociali dell'esercizio ferroviario (SUER – GROLIMARD) <i>Untersuchung komplexer soziologischer-technischer Problemstellungen im Eisenbahnbetrieb</i> ETR, ottobre 2017, pagg. 65-69, figg. 7. Biblio 7 titoli.</p>	<p>225 Il costo della capacità (JOHNSON) <i>The cost of capacity</i> Railway Gazette, ottobre 2017, pag. 3. Editoriale. Nelle situazioni in cui si richiede la massima capacità operativa vengono impiegati impianti e materiali della migliore qualità. Ciò non esclude il verificarsi di situazioni di crisi.</p>	

Elenco di tutte le Pubblicazioni CIFI

1 – TESTI SPECIFICI DI CULTURA PROFESSIONALE

1.1 – Cultura Professionale - Trazione Ferroviaria

- 1.1.2 E. PRINCIPE – “Impianti di climatizzazione delle carrozze FS” € 10,00
- 1.1.4 E. PRINCIPE – “Convertitori statici sulle carrozze FS” (ristampa)..... € 15,00
- 1.1.6 E. PRINCIPE – “Impianti di riscaldamento ad aria soffiata” (Vol. 1° e 2°) € 20,00
- 1.1.8 G. PIRO-G. VICUNA – “Il materiale rotabile motore” € 20,00
- 1.1.10 A. MATRICARDI - A. TAGLIAFERRI – “Nozioni sul freno ferroviario” € 15,00
- 1.1.11 V. MALARA – “Apparecchiature di sicurezza per il personale di condotta” € 30,00
- 1.1.12 G. PIRO – “Cenni sui sistemi di trasporto terrestri a levitazione magnetica” € 15,00

1.2 – Cultura Professionale - Armamento ferroviario

- 1.2.3 L. CORVINO – “Riparazione delle rotaie ed apparecchi del binario mediante la saldatura elettrica ad arco” (Vol. 6°)..... € 15,00

1.3 – Cultura Professionale - Impianti Elettrici Ferroviari

- 1.3.4. P.E. DEBARBIERI - F. VALDAMBRINI - E. ANTONELLI - “A.C.E.I. telecomandati per linee a semplice binario” (Quaderno 12) esaurito
- 1.3.5 V. FINZI – G. CERULLO - B. COSTA - E. ANTONELLI - N. FORMICOLA - “A.C.E.I. nuova serie” (Quaderno 13) esaurito
- 1.3.10 V. FINZI – “Impianti di sicurezza: Apparecchiature” (Vol. 4° - parte I) esaurito
- 1.3.16 A. FUMI – “La gestione degli Impianti Elettrici Ferroviari” € 35,00
- 1.3.17 U. ZEPPA – “Impianti di Sicurezza - Gestione guasti e lavori di manutenzione” € 30,00
- 1.3.18 V. VALFRÈ – “Il segnalamento di manovra nella impiantistica FS” € 30,00

2 – TESTI GENERALI DI FORMAZIONE ED AGGIORNAMENTO

- 2.1 G. VICUNA – “Organizzazione e tecnica ferroviaria” (in attesa di nuova edizione) € 50,00
- 2.2 L. MAYER – “Impianti ferroviari – Tecnica ed Esercizio” (Nuova edizione a cura di P.L. GUIDA-E. MILIZIA) € 50,00
- 2.3 P. DE PALATIS – “Regolamenti e sicurezza della circolazione ferroviaria” € 25,00
- 2.5 G. BONO-C. FOCACCI-S. LANNI – “La Sovrastruttura Ferroviaria” (in attesa di nuova edizione)..... € 50,00
- 2.6 G. Bonora-L. FOCACCI – “Funzionalità e Progettazione degli Impianti Ferroviari” € 50,00
- 2.7. L. Franceschini - A. Garofalo - R. Marini - V. Rizzo – “Elementi generali dell’esercizio ferroviario” 2° Edizione € 40,00

- 2.8 P.L. GUIDA-E. MILIZIA – “Dizionario Ferroviario – Movimento, Circolazione, Impianti di Segnalamento e Sicurezza” € 35,00
- 2.9 P. DE PALATIS – “L’avvenire della sicurezza – Esperienze e prospettive” € 20,00
- 2.10 AUTORI VARI – “Principi ed applicazioni pratiche di Energy Management” € 25,00
- 2.12 R. PANAGIN – “Costruzione del veicolo ferroviario” € 40,00
- 2.13 F. SENESI-E. MARZILLI – “Sistema ETCS Sviluppo e messa in esercizio in Italia” € 40,00
- 2.14 AUTORI VARI – “Storia e Tecnica Ferroviaria – 100 anni di Ferrovie dello Stato” € 50,00
- 2.15 F. SENESI – E. MARZILLI – “ETCS, Development and implementation in Italy (English ed.)” € 60,00
- 2.16 E. PRINCIPE – “Il veicolo ferroviario - carrozze e carri” € 20,00
- 2.18 B. CIRILLO – L.C. COMASTRI – P.L. GUIDA – A. VENTIMIGLIA “L’Alta Velocità Ferroviaria” € 40,00
- 2.19 E. PRINCIPE – “Il veicolo ferroviario - carri” € 30,00
- 2.20 L. LUCCINI – “Infortuni: Un’esperienza per capire e prevenire” € 7,00
- 2.21 AUTORI VARI – “Quali velocità quale città. AV e i nuovi scenari territoriali e ambientali in Europa e in Italia” € 150,00
- 2.22 G. ACQUARO – “I Sistemi di Gestione della Sicurezza Ferroviaria” € 25,00

3 – TESTI DI CARATTERE STORICO

- 3.1. G. PAVONE – “Riccardo Bianchi: una vita per le Ferrovie Italiane” € 15,00
- 3.2. E. PRINCIPE – “Le carrozze italiane” € 50,00
- 3.3. G. PALAZZOLO (in Cd-Rom) – “Cento Anni per la Sicilia” € 6,00
- 3.5. AUTORI VARI – La Museografia Ferroviaria e il museo di Pietrarsa € 12,00
- 3.6 Ristampa a cura del CIFI del Volume “La Stazione Centrale di Milano ed. 1931 € 120,00
- 3.7 M. Gerlini – P. Mori – R. Paiella – “Architettura e progetti delle Stazioni Italiane dall’Ottocento all’Alta Velocità € 60,00

4 – ATTI CONVEGNI

- 4.4. ROMA – “Next Station”, bilingue italo inglese (3-4 febbraio 2005)..... € 40,00
- 4.8. ROMA – “Stazioni ferroviarie italiane - qualità, funzionalità, architettura” (4 luglio 2007) esaurito
- 4.9. BARI – DVD “Stato dell’arte e nuove progettualità per la rete ferroviaria pugliese” (6 giugno 2008)..... € 15,00
- 4.10. BARI – 2 DVD Convegno “Il sistema integrato dei trasporti nell’area del mediterraneo” (18 giugno 2010) € 25,00

5 – ALTRO

- 5.1. Annuario Ferroviario 2017 (spese postali gratuite)..... € 20,00

6 – TESTI ALTRI EDITORI

6.1.	V. FINZI (ed. Coedit) – “Impianti di sicurezza” parte II.....	esaurito	6.8.	E. PRINCIPE (ed. Veneta) – “Treni italiani ETR 500 Frecciarossa”.....	€ 30,00
6.2.	V. FINZI (ed. Coedit) – “Trazione elettrica. Le linee primarie e sottostazioni”.....	esaurito	6.9.	V. FINZI (ed. Coedit) – “I miei 50 anni in ferrovia”.....	€ 20,00
6.3.	V. FINZI (ed. Coedit) – “Trazione elettrica. Linee di contatto”.....	esaurito	6.62.	C. e G. MIGLIORINI (ed. Pegaso) “In treno sui luoghi della grande guerra”.....	€ 14,00
6.4.	C. ZENATO (ed. Etr) – “Segnali alti FS permanentemente luminosi”.....	€ 29,90	6.63.	PL. GUIDA (ed. Franco Angeli) “Il Project Management - la Norma UNI ISO 21500”.....	€ 45,00
6.5.	E. PRINCIPE (ed. Veneta) – “Treni italiani con carrozze a media distanza”.....	€ 28,00	6.64.	G. MAGENTA (ed. Gaspari) “L’Italia in treno”.....	€ 29,00
6.6.	E. PRINCIPE (ed. Veneta) – “Treni italiani con carrozze a due piani”.....	€ 28,00	6.65.	A. CARPIGNANO “La Locomotiva a vapore (Viaggio tra tecnica e condotta di un Mezzo di ieri)” 2° Edizione – L’Artistica Editrice Savigliano (CN).....	€ 70,00
6.7.	E. PRINCIPE (ed. La Serenissima) – “Treni italiani Eurostar City Italia”.....	€ 35,00	6.66.	A. CARPIGNANO “Meccanica dei trasporti ferroviari e Tecnica delle Locomotive” 3° Edizione.....	€ 60,00
			6.67.	C. e G. MIGLIORINI (ed. Pegaso) “In treno sui luoghi della Seconda Guerra Mondiale”.....	€ 15,00

N.B.: I prezzi indicati sono comprensivi dell’I.V.A. Gli acquisti delle pubblicazioni, con pagamento anticipato, possono essere effettuati mediante versamento sul conto corrente postale 31569007 intestato al Collegio Ingegneri Ferroviari Italiani, Via Giolitti, 48 – 00185 Roma o tramite bonifico bancario: UNICREDIT – AGENZIA ROMA ORLANDO – VIA V. EMANUELE, 70 – 00185 ROMA – IBAN: IT29U0200805203000101180047. Nella causale del versamento si prega indicare: “Acquisto pubblicazioni”. La ricevuta del versamento dovrà essere inviata unitamente al modulo sottoindicato. Per spedizioni l’importo del versamento dovrà essere aumentato del 10% per spese postali.

Sconto del 20% per i soci CIFI (individuali, collettivi e loro dipendenti)

Sconto del 15% per gli studenti universitari - Sconto alle librerie: 25%

Sconto del 10% per gli abbonati alle riviste *La Tecnica Professionale e Ingegneria Ferroviaria*

Modulo per la richiesta dei volumi

(da compilare e inviare per posta ordinaria o via e-mail o via fax unitamente alla ricevuta di versamento)

I volumi possono essere acquistati anche on line tramite il sito www.cifi.it

Richiedente: (Cognome e Nome)

Indirizzo: Telefono:

P.I.V.A./C.E:(l’inserimento di Partita IVA o C. Fiscale è obbligatorio)

Conferma con il presente l’ordine d’acquisto per:

n.(in lettere) copie del volume:

n.(in lettere) copie del volume:

n.(in lettere) copie del volume:

La consegna dovrà avvenire al seguente indirizzo:

.....

Data.....

Si allega la ricevuta del versamento

Collegio Ingegneri Ferroviari Italiani (P.I. 00929941003)

Via Giolitti, 48 - 00185 Roma - Tel. 06/4882129-06/4742986 - Fs 970/66825 - Fax 06/4742987 e-mail: cifi@mclink.it - biblioteca@cifi.it

FORNITORI DI PRODOTTI E SERVIZI

Costruttori di materiale rotabile ed impianti ferroviari – Società di progettazione – Produttori di ricambi e prodotti vari per le ferrovie – Imprese appaltatrici di lavori di ogni genere per ferrovie nazionali, regionali, metropolitane e di trasporto pubblico urbano.

- A** Lavori ferroviari, edili e stradali – Impianti di riscaldamento e sanitari – Lavori vari
- B** Studi e indagini geologiche-palificazioni
- C** Attrezzature e materiali da costruzione
- D** Meccanica, metallurgica, macchinari, materiali, impianti elettrici ed elettronici
- E** Impianti di aspirazione e di depurazione aria
- F** Prodotti chimici ed affini
- G** Articoli di gomma, plastica e vari
- H** Rilievi e progettazione opere pubbliche
- I** Trattamenti e depurazione delle acque
- L** Articoli e dispositivi per la sicurezza sul lavoro
- M** Tessuti, vestiario, copertoni impermeabili e manufatti vari
- N** Vetrofanie, targhette e decalcomanie
- O** Formazione
- P** Enti di certificazione
- Q** Società di progettazione e consulting
- R** Trasporto materiale ferroviario

legno e legno impregnato – Trattamenti preservanti del legno.

D Meccanica, metallurgica, macchinari, materiali, impianti elettrici ed elettronici:

ALPIQ ENERTRANS S.p.A. – Via Lampedusa, 13/F – 20141 MILANO – Tel. 02/89536.100 – Fax 02/89536536 – e-mail: info.enertrans.it@alpiq.com – www.alpiq-enertrans.it – Impianti fissi di trazione elettrica chiavi in mano per trasporti ferroviari, metropolitane e tramvie – Studi di fattibilità, progettazione e realizzazione di linee di contatto, ferroviarie ed urbane – Sottostazioni elettriche per alimentazione in c.c. e c.a. – Linee primarie; impianti di telecomando – Impianti luce e forza motrice.

AMRA S.p.A. – CHAUVIN ARNOUX GROUP - Via Sant'Amrogio, 23/25 – 20846 MACHERIO (MONZA BRIANZA) – Tel.: +39 039 2457545 – Fax: +39 039 481561 – E-mail: info@amra-chauvin-arnoux.it – Sito web: www.amra-chauvin-arnoux.it – Progettazione e produzione di relè elettromeccanici per settori *Energia, Ferrovia* impianti fissi, *Ferrovia* impianti rotabili, *Industria Pesante* - Relè omologati RFI secondo la specifica RFI DPRIM STF IFS TE 143 A, Relè elettrici a tutto o niente per Impianti di Energia e Trazione elettrica - Relè conformi alle normative applicabili per uso su materiale rotabile EN60077, EN50155, EN61373, EN45545-2 - Relè con contatti a guida forzata per uso su impianti di sicurezza conformi a EN61810-3 - Strumenti di misura portatili e da laboratorio CHAUVIN ARNOUX Group, per la manutenzione di impianti TE, IS, TLC, SSE, e per materiale rotabile.

ARTHUR FLURY ITALIA S.r.l. – Via Dante, 68-70 – 20081 ABBIEGRASSO (MI) – Tel. 02/94966945 – Fax 02/94696531 – E-mail: info@afluryitalia.it – www.afluryitalia.it – Progettazione e costruzione di accessori pr linee di contatto (TE) ferroviarie, metropolitane, tramviarie e filoviarie. Isolatori di sezione per binari secondari e di scalo fino a 60 km/h, isolatori di sezione per comunicazioni di stazione fino a 90 km/h e binari di corsa fino a 200 km/h ed asta di montaggio per isolatori cat. 773/145 e 146. Morsetteria in CuNiSi, morse di ormeggio Inox, morsetti di giunzione per filo di contatto 100-150 mmq. Sistema di messa a terra e corto circuito completo di rilevatore di tensione per linee AV 25 kV. Filo sagomato Cu/ Cu-Ag/ Cu-Mg e fune portante per impianti RFI 3 kV cc e 25 kV ca.

BONOMI EUGENIO S.p.A. – Via Mercanti, 17 – 25018 MONTICHIARI (BS) – Tel. 030.9650304 – Fax

A Lavori ferroviari, edili e stradali
Impianti di riscaldamento e sanitari
Lavori vari:

B Studi e indagini
geologiche-palificazioni

C Attrezzature e materiali
da costruzione:

MARGARITELLI FERROVIARIA S.p.A. – Via Adriatica, 109 – 06135 PONTE SAN GIOVANNI (PG) – Tel. 075/597211 – Fax 075.395348 – Sito internet: www.margaritelli.com – Progettazione e produzione di manufatti per armamento ferroviario, tramviario e per metropolitane in cemento armato, cemento armato precompresso,

030.962349 – e-mail: info.eb@gruppo-bonomi.com – www.gruppo-bonomi.com – Progettazione linee ferroviarie e tramviarie – Produzione di componenti ed accessori per i settori trazione elettrica e segnalamento – Sospensioni per linee tradizionali ed Alta Velocità – Dispositivi di pensionamento a contrappesi ed oleodinamici, morsetteria e connettori, attrezzatura ed utensili meccanici ed oleodinamici (prodotti per linee da 1,5 kV a 25 kV).

EBRebosio S.r.l. – Via Mercanti, 17 – 25018 MONTICHIARI (BS) – Tel. 030/9650304 – Fax 030/962349 – e-mail: info.eb@gruppo-bonomi.com – www.gruppo-bonomi.com – Progettazione linee ferroviarie e tramviarie – Produzione di componenti ed accessori per i settori trazione elettrica e segnalamento – Isolatori in silicone d'ormeggio, di sospensione, di sezione – Sospensioni per linee tradizionali ed Alta Velocità - Isolatori in resina epossidica per interno, scaricatori, sezionatori, interruttori (prodotti per linee da 1,5 kV a 500 kV).

CANAVERA & AUDI S.r.l. – Regione Malone, 6 – 10070 CORIO (TO) – Tel. 011/928628 – Fax 011/9282709 – E-mail: canavera@canavera.com – Sito internet: www.canavera.com – Stampaggio a caldo particolari in acciaio fino a 200 kg – Lavorazioni meccaniche – Costruzione componenti per carri, carrozze, tram e metropolitane.

CARLO GAVAZZI AUTOMATION S.p.A. – Via Como, 2 – 20020 LAINATE (MI) – Tel. 02/93176201 – Fax 02/93176200 – Apparecchiature di segnalamento e controllo – Interruttori a scatto per ACE serie FS68 in c.c. e c.a. – Relè unitari in c.c. serie FS58-86-89 – Relè schermo – Segnali a specchi dicroici SPDO – Gruppi ottici a commutazione statica ed altro analogo su richiesta.

CEMBRE S.p.A. – Via Serenissima, 9 – 25135 BRESCIA – Tel. 030/36921 – (r.a. + Sel. pass.) – Fax 030/3365766 – E-mail: info@cembre.com – Produzione e commercio di: capicorda e connettori elettrici – Utensili per la compressione dei capicorda e connettori, tranciacavi e tranciacufuni oleodinamici – Trapani adatti alla foratura di rotaie e di apparecchi del binario nelle applicazioni ferroviarie – Trapani per traverse in legno – Pandrolatrici – Avvitatori portatili – Troncatrici di rotaie.

CINEL OFFICINE MECCANICHE S.p.A. Via Sile, 29 – 31033 CASTELFRANCO VENETO (TV) – Tel. 0423/490471 - fax 0423/498622 – E-mail: info@cinelspa.it – www.cinelspa.it – Stabilimenti: Via Sile, 29 - 31033 Castelfranco Veneto (TV) – Via Scalo Merci, 21 - 31030 Castello di Godego (TV) - Forniture per i settori ferroviario e tranviario: scambi ferroviari e tranviari, Kit cuscinetti elastici e autolubrificanti, Kit piastre per controrotaie 33C1, giunti isolanti incollati, piastre, piastrine, ganasce di giunzione, blocchi, caviglie, chiavarde, casse di manovra per deviatore e accessori, tiranterie, zatteroni, traverse cave, fermascambi, immobilizzatori, dispositivi di bloccaggio, apparecchiature per segnalamento e sicurezza, passaggi a livello, materiali per rotabili.

COET COSTRUZIONI ELETTRONICHE S.r.l. – Via per Civesio, 12 – 20097 SAN DONATO MILANESE (MI) – Tel. 02/842934 - Fax 02/5279753 – E-mail: coet@coet.it – Sito internet: www.coet.it – Apparecchi di interruzione e sezionamento per interno ed esterno 750,

1500, 3000V cc – Ingegneria, quadri di alimentazione e sezionamento, limitatori tensione negativo, raddrizzatori normali e a diodi controllati – Energy recovery e Energy storage, misura, protezione e controllo per DC power supply in S/S e lungo linea.

COMEP S.r.l. – Via Provinciale Pianura, 10 – Zona Industriale S. Martino – 80078 POZZUOLI (NA) – Tel./Fax 081/5266684 – E-mail: info@comepsrl.net – Sito www.comepsrl.net – Costruzione ed assemblaggio della quadristica, montaggio, integrazione dei sistemi di controllo, collaudo, messa in servizio e test finali nel settore del trasporto ferroviario – Taglio cavi con relativi sistemi di marcatura – Manutenzione e revisione di impianti elettrici ferroviari.

DOT SYSTEM S.r.l. – Via Marco Biagi, 34 – 23871 LOMAGNA (LC) – Tel. +39 039.92259202 – Fax +39 039.92259290 – E-mail: info@dotsystem.it – www.dotsystem.it – Monitor grafici LCD di banco per locomotive e carrozze pilota – Terminali grafici LCD per logica di treno e gestione dati diagnostici – Schede di comunicazione per Bus MVB classe 1, 2, 3 e 4 – Gateway MVB-Ethernet, MVB-CAN, MVB-RS485, MVB-Wireless – Moduli di ingresso/uscita digitali ed analogici per Bus MVB, CAN, ecc. – Cartelli indicatori grafici e tecnologia LED per interni ed esterni.

ECM S.p.A. – Via IV Novembre, 29 – Loc. Cantagrillo – 51034 SERRAVALLE PISTOIESE (PT) – Tel. 0573/92981 – Fax 0573/526392-929880 – e-mail: commerciale@ecmre.com - www.ecmre.com – Progettazione, produzione, installazione di: Sistemi di alimentazione elettrica senza interruzioni - Segnali luminosi ferroviari innovativi - Registratori cronologici di eventi - Diagnostica ferroviaria per apparati ferroviari - Telecomandi e controlli – Impianti di sicurezza e segnalamento ferroviario – Sistemi completi, terra bordo, di controllo automatico della marcia del treno - Controllo centralizzato del traffico ferroviario CTC - Conta- Assi.

ELPACK S.r.l. – Via Della Meccanica, 21 – 20026 NOVATE MILANESE (MI) – Tel. 02.6470712 – Fax 02.66.100114 – Rack e subrack 19" anche per uso ferroviario EN50155 – Custodie metalliche/schermate per connettori DIN41612 – Alimentatori modulari euro card – Dispositivi KVM per la gestione e controllo di server – Arredi tecnici per sale controllo – Cavi in rame e fibra ottica.

ERMES ELETTRONICA S.r.l. – Via Treviso, 36 – 31020 SAN VENDEMIANO (TV) – Tel. +39.0438.308470 – Fax +39.0438.492340 – E-mail: ermes@ermes-cctv.com – www.ermes.cctv.com – Sistemi audio/video innovativi operanti in LAN Ethernet (VoIP) – Sistemi telefonici-interfonici digitali punto-punto – Diffusione sonora, messaggi, P.A., Paging, operante in rete LAN – Sistema telefonico di emergenze e di diffusione sonora di galleria – Videocontrollo e comunicazione audio per passaggi a livello in tecnologia LAN – Videocomunicazioni per aree sensibili quali scale mobili ed ascensori – Help Point audio/video su reti LAN per biglietterie automatiche o zone non presidiate da operatori – Software di supervisione delle comunicazioni – Passengers Information System – Registratori video a bordo treno – Gateway di trasferimento e comunicazione audio video terra/bordo

treno – Progettazione di apparati e sistemi TVCC Over IP o tradizionali.

ESIM S.r.l. – Via Degli Ebanisti, 1 – 70123 BARI - Tel. 080.5328425 – Fax +39.080.5368733 – E-mail: info@esimgroup.com – www.esimgroup.com – **Sede di Roma: Via Sallustiana, 1/A** – Tel. 06.4819671 – Fax: 06.48977008 – Progettazione e messa in opera di impianti elettrici, di telecomunicazione, di segnalamento e di trazione elettrica – Realizzazione e installazione di sistemi di diagnostica ferroviaria.

E.T.A. S.p.A. – Via Monte Barbaghino, 6 – 22035 CANZO (CO) – Tel. +39 031.673611 – Fax +39 031.670525 – e-mail: infosed@eta.it – www.eta.it – *Carpenteria*: quadri elettrici non cablati – Armadi e contenitori elettrici per esterni – Armadi 19” – Quadri inox per gallerie – Cassette inox lungo linea – Saldatura al TIG certificata – Conformità alle specifiche RFI.

FAIVELEY TRANSPORT ITALIA S.p.A. – Via Volvera, 51 – 10045 PIOSSASCO (TO) – Tel. 011.9044.1 – Fax 011.9064394 – Sito internet: www.faiveley.com
Sistemi e prodotti a marchio SAB WABCO: Impianti di frenatura pneumatici, elettropneumatici, elettromeccanici ed elettroidraulici, freni a pattino tradizionali e a magneti permanenti, per veicoli ferroviari, metropolitani e tramviari – Sistemi di frenatura per treni ad alta velocità – Sistemi di antipattinaggio e antislittamento – Attuatori pneumatici, unità frenanti, regolatori di timoneria, gamma completa dei dischi del freno in ghisa e in acciaio – Compressori a pistoni, compressori rotativi a vite, essiccatori d'aria, unità di produzione e trattamento dell'aria compressa – Sistemi diagnostici di bordo di manutenzione – Apparecchiature elettroniche di comando e controllo del freno.
Sistemi e prodotti a marchio FAIVELEY: Convertitori statici di potenza e carica batterie – Impianti di riscaldamento e condizionamento – Porte e comandi porte – Sistemi di piattaforme – Porte di accesso treno – Pantomografi – Interruttori di alta tensione – Sistemi di scatola nera – Registratori di eventi (DIS) – Sistemi diagnostici e telediagnostici di bordo – Sistemi di videosorveglianza.

FASE S.a.s. di Eugenio Di Gennaro & C. – Via del Lavoro, 41 – 20030 SENAGO (MI) – Tel. 02/9986557-02/9980622 – Fax 02/9986425 – E-mail: info@fase.it – Sito internet: www.fase.it – Strumentazione da quadro (indicatori analogici e digitali – TA e TV – Shunts e divisori di tensione) – Convertitori statici di misura – Strumentazione di bordo per mezzi rotabili (Treni A.V. – Locomotive elettriche e diesel-idrauliche – Veicoli ferroviari – Metropolitane e tranvie) – Apparecchiature elettroniche di misura e diagnostica costruite su specifica del Cliente – Fanali di coda e indicatori luminosi a led.

FLEXBALL ITALIANA S.r.l. – Str. San Luigi, 13/A – 10043 ORBASSANO (TO) – Tel. 011/9038900-965-975 – Telegrafo: FLEXBALLIT ORBASSANO – Telecomandi meccanici – Flessibili, scorrevoli su sfere per applicazioni meccaniche varie navali, automobilistiche, ferroviarie ed aeronautiche – Comando rubinetti freno – Comando regolatori motori Diesel – Comandi valvole ad areatori – Comandi sezionatori elettrici – Comandi scambi e segnalazione.

FRIEM S.p.A. – Via Edison, 1 – 20090 SEGRATE (Milano) – Tel. 02/2133341 – Telefax 02/26923036 – Raddrizzatori a diodi ed a tiristori – Impianti completi di Trasformazione e Conversione.

GALLOTTI 1881 S.r.l. – Via Codrignano 57/a – 40026 IMOLA (BO) – Tel. 0542/690987 – Fax 0542/690987 – e-mail: gallotti@gallotti1881.com – www.gallotti1881.com – Costruzione con progettazione di strutture metalliche per il segnalamento ferroviario, strutture metalliche speciali, piantane ed attrezzature unifer, carpenterie metalliche e meccaniche.

KNORR-BREMSE Rail Systems Italia S.r.l. – Via San Quirico, 199/I – 50013 CAMPI BISENZIO (FI) – Tel. 055/3020.1 – Fax 055/3020333 – E-mail: kbrsitalia@knorr-bremse.it – Sito internet: www.knorr-bremse.it – Impianti di frenatura pneumatici, elettropneumatici ed elettroidraulici per veicoli ferroviari, metropolitani e tranviari – Sistemi di frenatura per treni ad alta velocità – Attuatori pneumatici, unità frenanti, regolatori di timoneria, dischi freno – Compressori a vite e a pistoni, essiccatori d'aria, unità di produzione e trattamento aria compressa – Impianti toilettes ecologici a recupero – Sistemi ed apparecchiature elettroniche di comando, controllo e diagnostica – Servizi di assistenza, riparazione e manutenzione di sistemi frenanti.

ISOIL INDUSTRIA S.p.A. – Via F.lli Gracchi, 27 – 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) – Tel. 02/660271 – Fax 02/6123202 – E-mail: vendite@isoil.it – Web: www.isoil.com – Strumentazione del materiale rotabile: Pick-up ad effetto Hall per misure di velocità anche multicanale - Generatori di velocità - Sensori Radar ad effetto doppler per velocità e distanza - Indicatori di velocità standard e applicazioni di sicurezza (SIL 2) - Juridical Recorder - MMI: Multifunctional Display per ERTMS - Videocamere - Passenger Information - Switch e Fotocellule di Sicurezza per porte - Livelli carburante - Pressostati e Termostati - Agente esclusivo di: DEUTA WERKE / JAQUET / GEORGIN / KAMERA & SYSTEM TECHNIK.

JAMPPEL S.r.l. – Via Degli Stradelli Guelfi, 86/A - 40138 BOLOGNA – Tel. 051.452042 – Fax 051.455046 – E-mail: info@jampel.it – www.jampel.it – www.jampel-networking-industriale.it – Attività di logistica, consulenza tecnica, formazione, supporto per l'integrazione, assistenza post-vendita di Apparati e Sistemi per la Trasmissione Dati ed il Controllo su IP (cablati e wireless) conformi alle normative di settore per le Infrastrutture Ferroviarie ed i Treni - Le applicazioni che vengono supportate sono: Video sorveglianza su IP (CCTV), Passenger Infotainment Systems (PIS), Communication Based Train Control (CBTC), TCMS (Train Control Management Systems) - I fornitori principali commercializzati sono: ANTONICS per le Antenne planari a Banda Multipla di bordo per la comunicazione wireless bordo-terra; MOXA per la comunicazione Ethernet (cablata e wireless) di bordo, lungo linea, di stazione e lo scambio dati bordo-terra in movimento; MOXA per i Sistemi di I/O per il controllo tecnologico (non “mission critical”) di bordo e delle infrastrutture di terra; MOXA per i PC di bordo a bassa dissipazione (Low Power) e senza ventole (Fanless) come On Board Control Unit (OBCU) o Network Video Recorder (NVR) capaci di operare in presenza di vibrazioni ed escursioni

di temperatura; PILZ per i Sistemi di I/O fino a SIL4 (Safety Integrity Level) per controlli "mission critical" di bordo di terra; VIVOTEK per la Video sorveglianza di bordo, lungo linea e di stazione.

LA CELSIA SAS – Via A. Di Dio, 109 – 28877 ORNAVASSO (VB) – Tel. 0323.837368 – Fax 0323.836182 – Dal 1974 progettazione, produzione e vendita di contatti elettrici sinterizzati ed affini, materiali sinterizzati da metallurgia delle polveri, connessioni flessibili e particolari vari, annessi per interruttori, commutatori, sezionatori per tutte le apparecchiature elettromeccaniche di potenza e trasmissione dell'energia.

LUCCHINI RS S.p.A. – Via G. Paglia, 45 – 24065 LOVERE (BG) – Tel. 035/963562 – Fax 035/963552 – e-mail: rollingstock@lucchini.it – sito web: www.lucchini.it – Materiale rotabile per trasporti ferroviari urbani, suburbani e metropolitani; ruote cerchiate; ruote elastiche; ruote monoblocco; assili; cerchioni; boccole; sale montate da carro, carrozza e locomotiva completa di componenti; cuori fusi al manganese per scambi ferroviari – Riparazione e ripristino di sale montate con sostituzione di ruote e cerchioni – Revisione e collaudo di altri componenti.

MARINI IMPIANTI INDUSTRIALI S.p.A. – Via A. Chiarucci, 1 – 04012 CISTERNA DI LATINA – Tel. 06/96871088 – Fax 06/96884109 – e-mail: info@mariniimpianti.it – Sito web: www.mariniimpianti.it – Registratori Cronologici di Eventi (RCE) – Monitoraggio della temperatura delle rotaie (UMTR) – Apparecchiature di diagnostica centralizzate degli impianti di Segnalamento di linea e di stazione (SDC) – Sistemi di supervisione – Strumenti di misura per sotto stazioni – Rilevatore differenziale per segnali luminosi alti a commutazione statica SDO – Generatore di alimentazione 83 Hz PSK – Progettazione ed installazione degli impianti.

MATISA S.p.A. – Via Ardeatina km. 21 – Loc. S. Palomba – 00040 POMEZIA (ROMA) – Tel. 06.918291 – Telefax 06.91984574 – e-mail: matisa@matisa.it – Vagliatrici, rinalzatrici, profilatrici, veicoli di servizio per infrastruttura e catenaria, drasine di misura della geometria del binario, treni di costruzione nuovo binario, incavigliatrici, foratrasverse, forarotaie, apparecchiatura di controllo, segarotaie, gruppi rinalzatrici a lame vibranti.

MECNO SERVICE S.r.l. – Via Terraglio, 212 – 30174 VENEZIA MESTRE – Tel. +39 0415745203 – Fax +39 0415020256 – E-mail: info@mecnoservice.com – Web: www.mecnoservice.com – Progettazione, costruzione ed esercizio di macchine molatrici per la molatura e riprofilatura di scambi e rotaie di linee ferroviarie, metropolitane e tranviarie – Progettazione, costruzione di deviatori e incroci monorotaie tipo Translhor.

MERSEN ITALIA S.p.A. - Via dei Missaglia, 97/B2 - 20142 MILANO (ITALIA) – Tel. 02/826813.1 - E-mail: ep.italia@mersen.com – Web: www.mersen.com – Fusibili e portafusibili MERSEN (Ferraz Shawmut) in BT e MT, in c.a. e c.c. e per semi-conduttori – Sezionatori, commutatori e corto circuitatori di potenza – Dissipatori di calore vacuum brazed, heat pipes, aria per componenti IGBT e press-pack – Ritorni di corrente per Messa a terra di rotabili ferrotramviari – Prese di corrente per 3^a rotaia – Laminated Busbar – Resistenze industriali "Silohm"

(lineari), "Carbohm" – Spazzole e portaspazzole per macchine elettriche rotanti – Striscianti per pantografi, smiatrici e rettifiche per collettori – Grafiti per applicazioni meccaniche (guarnizioni, cuscinetti, ecc.).

MONT-ELE S.r.l. – Via Cavera, 21 – 20034 GIUSSANO (MI) – Tel. 0362/850422 – Fax 0362/851555 – e-mail: mont-ele@mont-ele.it – www.mont-ele.it – Ingegneria di sottostazioni di conversione e di sottostazioni di alimentazione sistemi A.V. 25 kV – Produzione di quadri innovativi, alimentatori, raddrizzatori, sezionatori bipolari, quadri filtri, quadri misure – Produzione commutatori 3600 V 3000 A, sezionatori bipolari 3000 A, trasduttori di corrente, quadri di sezionamento 25 kV (52 kW) e sezionatori di alta tensione – Realizzazione di impianti, sottostazioni fisse e mobili lato alternata e continua.

ORA ELETTRICA S.r.l. a socio unico - Sede legale: Corso XXII Marzo, 4 - 20135 Milano - Sede operativa: Via Filanda, 12 – 20010 Cornaredo (MI) – Tel. +39 02.93563308 – Fax +39 02.93560033 – e-mail: info@ora-elettrica.com – www.ora-elettrica.com - Progettazione, produzione, commercializzazione, installazione e manutenzione di apparecchiature elettroniche specifiche per la gestione del tempo: centrali orarie controllate via DCF e GPS, NTP server, sistemi di supervisione, orologi analogici e digitali (per interni ed esterni), orologi da pensilina, orologi monumentali da facciata, RCE Registratori Cronologici di Eventi, sistemi integrati per il controllo degli accessi veicolari e pedonali, sistemi TVPL, TVCC, sistemi di rilevamento presenze certificati SAP.

PISANI DI PISANI MATTEO – Via Vilfredo Pareto, 20 – 27058 VOGHERA (PV) – e-mail: giorgio@pisani.eu – Sistemi informatizzati, non invasivi di monitoraggio e certificazione dei processi di realizzazione e controllo in esercizio della lunga rotaia saldata e della posizione piano altimetrica del binario.

PLASSER ITALIANA S.r.l. – Via del Fontanaccio, 1 – 00049 VELLETRI (ROMA) – Tel. 06/9610111 – Fax 06/9626155 – e-mail info@plasser.it – www.plasser.it – Commercializzazione, riparazione e manutenzione di macchine per la costruzione e la manutenzione del binario ferroviario - Risanatrici, rinalzatrici, profilatrici, stabilizzatrici dinamiche, vetture di rilevamento e sistemi per la diagnostica del binario e della linea di contatto, saldatrici mobili per rotaie, autocarrelli con gru e piattaforme, autocarrelli per tesatura frenata linee di contatto, carrelli portabobine, dispositivi per video-ispezione linee ferroviarie e binario, rappresentanza attrezzature Robel.

POSEICO S.p.A. – Via Pillea, 42-44 – 16153 GENOVA – Tel. 010/8599400 – Fax 010/8682006-010/8681180 – E-mail: semicond@poseico.com – www.poseico.com – Dispositivi a semiconduttori di potenza (Diodi, Tiristori, GTO's, IGBT Press-pack, ecc.) – Dissipatori ad acqua per il raffreddamento di dispositivi di potenza sia press-pack che moduli – Assiemati di potenza con raffreddamento in aria naturale, aria forzata ed acqua – Ponti raddrizzatori per applicazioni industriali e di trazione – Analisi di guasto e servizio di collaudo – Riparazioni di assiemati di potenza – Distribuzione e/o commercializzazione di componenti nel campo dell'elettronica di potenza.

POWER MISURE S.r.l. – Via Balossa, 25 – 20032 COR-MANO (MI) – Tel. 02.25060990 - Fax 02.2506091 – E-mail: romano@powermeasure.it – Sito internet: www.powermeasure.it – Produzione e vendita di strumenti di verifica impianti elettrici e macchine elettriche in bassa-media e alta tensione – Misuratori di resistenza isolamento – Misuratori di terra – Misuratori passo e contatto – Misuratori di Tan Delta – Rigidimetri in c.c./c.a. fino a 300 kV – Alimentatori c.c./c.a. – Analizzatori di gas – Multimetri digitali e pinze amperometriche.

PROJECT AUTOMATION S.p.A. – Viale Elvezia, 42 – 20052 MONZA (MI) – Tel. 039/2806233 – Fax 039/2806434 – www.p-a.it – Sistemi ed apparecchiature di segnalamento, controllo e supervisione del traffico per metrotramvie e tramvie – Radiocomando scambi, casse di manovra carrabili, sistemi di controllo semaforico – Priorità mezzi pubblici – Sistemi di controllo e gestione traffico stradale.

QSD SISTEMI S.r.l. – Via Isonzo, 6/bis – 20060 PESSANO CON BORNAGO (MI) – Tel. 02.95741699 – 02.9504773 – Fax 02.95749915 – e-mail: gio.galimberti@qsd sistemi.it – www.qsd sistemi.it – Elettronica per ferroviario a norme EN50155 – Passenger Information System – Interfoni – Cruscotti – Terminali video Touch Screen – Sistemi Radio Terra Treno – Realizzazione apparecchiature custom – Riprogettazione apparecchiature obsolete – Consulenza sviluppo Hw Sw.

RAILTECH – PANDROL ITALIA S.r.l. – Via Facii – Zona Industriale S. ATTO – 64020 (TERAMO) – Tel. 0861/587149 – Fax 0861/588590, E-Mail info@pandrol.it – Sistemi di attacco ferroviari per traverse in calcestruzzo armato e precompresso.

RAND ELECTRIC s.r.l. – Via Padova, 100 – 20131 MILANO – Tel. 02/26144204 – Fax 02/26146574 – Canaline, fascette, sistemi di identificazione, guaine corrugate, guaine metalliche ricoperte, tutte con caratteristiche di reazione al fuoco e tossicità entro i parametri della specifica FS 304142 – Connettori elettrici di potenza standard o custom.

RITTAL S.p.A. – S.P. 14 Rivoltana – km 9,5 – 20060 VIGNATE (MI) – Tel. 0039/02959301 – Fax 0039/0295360209 – Armadi e contenitori elettrici per applicazioni ferroviarie fisse (segnalamento) – Rolling stocks (locomotori) – Esterno (bordo binari); scambiatori calore (carrozze-locomotori); terminali interattivi (stazioni); subracks 19" per elettronica omologati e testati (locomotori-segnalamento) – Servizi: progettazione secondo standard EN50155 / EMC50121 – Calcoli FEM – Saldatura secondo DIN6700 – Test – Protezione dal fuoco.

SCHAEFFLER ITALIA S.r.l. – Via Dr. Georg Schaeffler, 7 – 28015 MOMO (NO) – Tel. 0321/929211 – Fax 0321/929300 – E-mail: info.it@schaeffler.com – Sito internet: www.schaeffler.it – Cuscinetti volventi a marchio FAG e INA, standard e speciali, boccole ferroviarie, snodi sferici, attrezzature di montaggio e smontaggio, diagnostica.

SCHUNK ITALIA S.r.l. – Via Novara, 10/D – 20013 MAGENTA (MI) – Tel. 02/972190-1 – Fax 02/97291467 –

Spazzole, portaspazzole, pantografi, striscianti, dispositivi di messa a terra.

S.I.D.O.N.I.O. S.p.A. – Via IV Novembre, 51 – 27023 CAS-SOLNOVO (PV) – Tel. 0381/92197 – Fax 0381/928414 – e-mail: sidonio@sidonio.it – Impianti di sicurezza e segnalamento ferroviario – Impianti di elettrificazione ed illuminazione (linee BT/MT) – Opere stradali e ferroviarie – Scavi, demolizioni e costruzioni murarie – Impianti di telecomunicazione.

SIRTEL S.r.l. – Via Taranto 87A/10 – 74015 MARTINA FRANCA (TA) – Tel. 080/4834959 – Fax 080 4304011 – E-mail: info@sirtel.biz – Sito web: www.sirtel.biz – Lanterne portatili ricaricabili ad uso ferrotramviario con luce principale alogena o LED e segnalazione (a 1/2 LED ad elevata luminosità) con possibilità di avere fino a 3 diversi colori sulla stessa lanterna.

SPII S.p.A. – Via Don Volpi, 37 angolo Via Montoli – 21047 SARONNO (VA) – Tel. 02/9622921 – Fax 02/9609611 – www.sp ii.it – info@sp ii.it – Temporizzatori elettromeccanici, multifunzione e digitali – Programmatori elettromeccanici, multifunzionali e digitali – Microinterruttori ed elementi di contatto di potenza – Elettromagneti – Relè di potenza e ausiliari – Relè di controllo tensione frequenza e corrente – Teleruttori per c.a. e per c.c., per bassa ed alta tensione – Sezionatori – Motori e motoriduttori frazionari in c.c. – Connettori – Dispositivi di interblocco multiplo a chiave – Combinatori e manipolatori – Equipaggiamenti integrati completi per la trazione pesante e leggera.

SPITEK S.r.l. – Via Franco Vannetti Donnini, 80 – 59100 PRATO – Tel. 0574.593252 – Fax 0574.593251 – E-mail: info@spiteck.it – Posta Certificata: spiteksrl@pec.it – www.spitek.it – Progettazione e costruzione di ricambi elettromeccanici per apparecchiature di B.T., M.T. e A.T. – Costruzione e revisione di interruttori e contattori per corrente continua tipo IGL, GL, GR – Revisione e fornitura di ricambi per combinatori tipo KM49, 2CP100 e altri – Accoppiatori per circuiti elettrici in B.T. e A.T. secondo Specifiche Trenitalia.

SUPERUTENSILI S.r.l. – Via A. Del Pollaiuolo, 14 – 50142 FIRENZE – Tel. 055.717457 – Fax 055.7130576 – Forniture ferro-tramviarie: filtri e pannelli filtranti, utensili, macchinari, strumenti di misurazione, rimozione graffiati, certificazioni CE e rimessa a norma macchinari, grassi e lubrificanti.

TECNEL SYSTEM S.p.A. – Via Brunico, 15 – 20126 MILANO – Tel. 02/2578803 r.a. – Fax 02/27001038 – www.tecnel-system.it – E-mail: tecnel@tecnelsystem.it – Pulsanti – Interruttori – Selettori – Segnalatori serie T04 per banchi comando – Segnalatori a Led serie S130 – Pulsanti apertura porte serie 56 e 58 – Pulsanti mancorrente richiesta fermata serie T84 – Sistemi di comando e protezione porte – Avvisatori ottici ed acustici – Sirene – Temporizzatori – Sensori presenza e apertura porte.

TEKFER S.r.l. – Via Gorizia, 43 – 10092 BEINASCO (TO) – Tel. 011.0712426 – Fax 011.0620580 – E-mail: segreteria@tekfer.com – Sito internet: www.tekfer.com – Sistemi per impianti di sicurezza e segnalamento – Apparecchiature per il blocco automatico – INFILL – Codificatori statici – Relè elettronici (TR, HR, DR, relè a disco e altri) –

Prodotti per 83,3 Hz (generatori di potenza fino a 15 kVA, filtri e rifasatori) – Telecomandi in sicurezza – Diagnostica impianti – Progettazione e installazione impianti.

THERMIT ITALIANA S.r.l. – Via Sirtori, 11 – 20017 RHO (MI) – Tel. 02/93180932 – Fax 02/93501212 – Materiali ed attrezzature per la saldatura alluminotermica delle rotaie.

T&T S.r.l. – Via Vicinale S. Maria del Pianto - Complesso Polifunzionale Inail - Torre 1 – 80143 NAPOLI – Tel./Fax 081.19804850/3 - E-mail: info@ttsolutions.it – www.ttsolutions.it – T&T (Technology & Transportation) opera da anni in ambito ferroviario offrendo servizi di consulenza ingegneristica - Specializzata per attività di System & Test Engineering – Progettazione e Sviluppo di Sistemi Embedded Real-Time per applicazioni Safety-Critical, Analisi RAMS, Verifica & Validazione, Preparazione Safety Assessment, Supporto alla Progettazione e alla Configurazione di Impianti di Segnalamento Ferroviario, Commissioning & Maintenance.

VAIA CAR S.p.A. – Via Isorella, 24 – 25012 CALVISANO (BS) – Tel. 0309686261 - Fax 0309686700 - e-mail vaia-car@vaiacar.it - Saldatrici mobili strada-rotaia per la saldatura elettrica a scintillio delle rotaie - Gru mobili/Escavatori strada-rotaia completi di accessori intercambiabili - Macchine operatrici mobili strada-rotaia con equipaggiamenti specifici - Macchine operatrici mobili ferroviarie e/o strada-rotaia per la manutenzione delle linee ferroviarie e delle linee elettriche aeree - Attrezzature speciali per il sollevamento, la movimentazione, la posa e la sostituzione di scambi ferroviari, campate, traverse e rotaie - Attrezzature speciali per il sollevamento, la movimentazione, la posa e la sostituzione di scambi e campate tramviari e/o metropolitani - Treni completi di sistemi per la costruzione delle linee ferroviarie ad alta velocità - Treni di sostituzione delle rotaie con sistemi per il carico e lo scarico delle rotaie - Unità di rincalzatura del binario e di compattamento della massicciata.

VOESTALPINE VAE ITALIA S.r.l. – Via Alessandria, 91 – 00198 ROMA – Tel. 06/84241106 – Fax 06/96037869 – E-mail vaeitalia@voestalpine.com – www.voestalpine.com/vae/en – Scambi ferroviari A.V. e standard, scambi tranviari, sistemi elettronici per monitoraggio scambi, cuscinetti autolubrificanti, casse di manovra per scambi ferroviari e tranviari - Rappresentanza Voestalpine Schienen GmbH per tutti i tipi di rotaie (vignole, a gola, barre per aghi) nonché servizi tecnici e logistici.

E **Impianti di aspirazione e di depurazione aria:**

F **Prodotti chimici ed affini:**

HENKEL ITALIA S.r.l. – Via Amoretti, 78 – 20157 MILANO – Tel. 334.6059593 – Sig. Claudio CROVIEZZILLI – E-mail: claudio.croviezzilli@henkel.com –

www.loctite.it – Progettazione e assistenza tecnica gratuite – Adesivi anaerobici e istantanei - Adesivi strutturali certificati - Adesivi e sigillanti per la manutenzione ferroviaria - Prodotti per la riparazione di alberi e cuscinetti usurati, rimuovi graffiti - Rivestimenti protettivi anticorrosione, poliuretani e primer per vetri.

G **Articoli di gomma, plastica e vari:**

DERI S.r.l. – Via S. Paolo 54/58 – 10095 GRUGLIASCO (TO) – Tel. 011.7809801 – Fax 011.7809899 – e-mail: info@deri.it – www.deri.it – Distributore specializzato nella produzione custom di tubazioni in gomma per basse, medie ed altre pressioni – Distribuzione raccorderie varie, innesti rapidi, utensili elettrici e pneumatici, guaine protezione, cavi in poliammide e metalliche con relativa raccorderia a tenuta stagna, fascette nylon e metalliche, ampio magazzino.

FLUORTEN S.r.l. – Via Cercone, 34 – 24060 CASTELLI CALEPIO (BG) – Tel. 035/4425115 – Fax 035/848496 – e-mail: fluorten@fluorten.com – www.fluorten.com – Semilavorati e prodotti finiti in PTFE e RULON® per industria meccanica, chimica, elettrica ed elettronica – Progettazione, costruzione stampi e stampaggio tecnopolimeri – Esclusivista Du Pont per l'Italia di semilavorati e finiti in Du Pont™ VESPEL®. Produzione di piastre in PTFE Certificate dal Politecnico di Milano a norma EN 1337-2. Certificazione sistema di gestione qualità per il settore aerospaziale EN 9100:2009 Certificate n. 5695/0. Certificazione sistema di gestione qualità ISO 9001:2008 Certificate n. 21. Certificazione sistema di gestione ambientale ISO 14001:2004 Certificate n. 27.

KRAIBURG STRAIL GmbH & Co. KG – Goellstrasse, 8 – D-84529 TITTMONING (Germania) – Tel. +49(8683)701-151 - Fax +49(8683)701-45151 - Sito web: www.strail.com - STRAIL sistemi di attraversamenti a raso & STRAILastic sistemi di isolamento per rotaie - Goellstrasse, 8 - D 84529 TITTMONING - Tel. +39 392.9503894 - Fax +39 02.87151370 - E-mail: tommaso.sa vi@strail.it - www.strail.it - Sistemi modulari in gomma vulcanizzata per attraversamenti a raso STRAIL, innoSTRAIL, pedeSTRAIL, pontiSTRAIL - Moduli esterni per i carichi più pesanti - veloSTRAIL - Moduli interni che eliminano la gola - Per tutti i tipi di traffico, strade e armamento (anche per ponti, scambi, gallerie, curve, impianti industriali) - Dispositivi elastici per la riduzione del rumore, delle vibrazioni oltre che per l'isolamento elettrico del binario - STRAILastic_P, STRAILastic_S, STRAILastic_R, STRAILastic_K, STRAILastic_DUO, STRAILastic_USM ed infine STRAILastic_A costituiscono la gamma completa di questa nuova linea.

IVG COLBACHINI S.p.A. – Via Fossona, 132 – 35030 CERVARESE S. CROCE (PD) – Tel. 049/9997311 – Fax 049/9915088 – e-mail: market.italy@ivgspa.it - ivg.colbaccini@ivgspa.it - www.ivgspa.it – Capitale Sociale L. 10.575.000 – Tubi di gomma a basse e medie pressioni e flessibili con raccordi per ogni uso ed applicazione, studiati su specifiche richieste, in modo particolare per il

settore rotabile (tubi per impianti frenanti tipo RAILWS e guaine gomma-tela a Dis. FS 304188).

PANTECNICA S.p.A. – Via Magenta, 77/14A – 20017 RHO (MI) – Tel. 02.93261020 – Fax 02.93261090 – e-mail: info@pantecnica.it - www.pantecnica.it – Sistemi antivibranti per materiale rotabile e per armamento ferroviario – Completa gamma di guarnizioni per tenuta fluidi – Certificata ISO 9001:2008 e AS/EN 9120:2010 – Fornitore Trenitalia.

PLASTIROMA S.r.l. – Via Palombarese km 19,100 – 00012 GUIDONIA MONTECELIO (RM) – Tel. 0774.367431-32 – Fax 0774.367433 – E-mail: info@plastiroma.it – Sito web: www.plastiroma.it – Morsetterie, contropiastre, cassette per C.D.B., materiale isolante per C.D.B., segnali bassi di manovra, segnali alti di chiamata, shunt, componenti in materiale plastico per relè FS, progettazione di articoli tecnici.

SPITEK S.r.l. – Via Franco Vannetti Donnini, 80 – 59100 PRATO - Tel. 0574.593252 – Fax 0574.593251 - E-mail: info@spitek.it – Posta Certificata: spiteksrl@pec.it – www.spitek.it – Articoli stampati in materiali termoisolanti e termoplastici – Caminetti spegniarco in Dearn 10 – Frutti isolanti in Decal per accoppiatori 13/18/78 e 92 poli – Corpi stampati per contattori a disegno Trenitalia, Ansaldo, Marelli, Tibb e Altri.

H Rilievi e progettazione opere pubbliche:

ABATE dott. ing. Giovanni – Via Piedicavallo, 14 – 10145 TORINO – Tel./ Fax 011.755161 – Cell. 335.6270915 – e-mail: abateing@libero.it – Armamento ferroviario – Progettazione e direzione lavori di linee ferroviarie, metropolitane e tranviarie – Armamento ferroviario e linee per trazione elettrica – Redazione di progetti costruttivi preliminari e definitivi comprensivo dei piani di sicurezza e di coordinamento sia in fase di progettazione che in fase di esecuzione per raccordi industriali – Rilievi e tracciamenti finalizzati alla progettazione di linee ed impianti ferroviari.

ARMAMENTO FERROVIARIO – Ing. Marino CINQUEPALMI – Tel. 3476766033 - E-mail: info@armamentoferroviario.com – www.armamentoferroviario.com – Rilievo dello stato dei luoghi con restituzione cartografica in coordinate rettilinee assolute e relative – Progettazione preliminare, definitiva, esecutiva, costruttiva dell'armamento in coordinate rettilinee assolute e relative – Redazione, valutazione computi metrici stimativi armamento – Redazione, valutazione fabbisogno materiali armamento – Redazione piani di manutenzione armamento – Redazione piani della qualità per lavori d'armamento – Correzione delle curve su base relativa con il metodo Hallade – Analisi di adeguamento delle infrastrutture ferroviarie alle STI "Infrastruttura" – Analisi di velocizzazione delle linee ferroviarie – Studi di fattibilità per nuove linee ferroviarie e stazioni – Project Management nei progetti di infrastrutture ferroviarie.

ISiFer S.r.l. – Sede legale: Via Mazzini, 15 – 80053 CASTELLAMMARE DI STABIA (NA) – Sede operativa: Via Gorizia, 1 – CICCIANO (NA) – Tel. 081.5741055 – Fax 081.5746835 – E-mail: segreteria@isifer.com – info@isifer.com – www.isifer.com – Azienda di ingegneria specializzata nel settore ferroviario con particolare riferimento alle attività di Concezione, Progettazione, Realizzazione, Verifica, Validazione, Collaudo, Messa in Servizio, Diagnostica e Manutenzione.

I Trattamenti e depurazione delle acque:

L Articoli e dispositivi per la sicurezza sul lavoro:

SCHWEIZER ELECTRONIC S.r.l. (SEIT) – Sede Centrale: Via Santa Croce, 1 – 20122 MILANO – Tel. +39 0289426332 – Fax +39 0283242507 – E-mail: franco.pedrinazzi@schweizer-electronic.com – Sito: www.schweizer-electronic.com – **Sede Legale: Via Gustavo Modena, 24 – 20129 MILANO** – Sistemi di Sicurezza Protezione Cantieri (SAPC) e può fornire servizio chiavi in mano, di protezione cantieri con SAPC "Sistema Minimel 95", comprensivo di: Progettazione, installazione, formazione del personale, disinstallazione, manutenzione ed a richiesta gestione del SAPC in cantiere con proprio personale – Sistemi di segnalamento fisso, Minimel, ISP, che integrano le parti mobili di SAPC Minimel 95 nel segnalamento esistente – Sistemi di comunicazione nell'ambito della sicurezza ad alto contenuto tecnologico.

M Tessuti, vestiario, copertoni impermeabili e manufatti vari:

N Vetrofanie, targhette e decalcomanie:

TACK SYSTEM S.r.l. – Via XXV Aprile, 50 D – 20040 CAMBIAGO (MI) – Tel. 02/9506901 – Fax 02/95069051 – e-mail: tack@tacksystem.it – www.tacksystem.it – Pellicole autoadesive colorate, fluorescenti, trasparenti, rifrangenti, antigraffiti e protettive – Etichette, pittogrammi e iscrizioni prespaziate per rotabili carri, carrozze, locomotori, ecc. – I succitati manufatti rispondono a Specifiche FS TRENITALIA.

O Formazione

P Enti di certificazione

ISARail S.p.A. – Via Figliola, 89/c – 80040 S. SEBASTIANO AL VESUVIO (NA) – Tel. +39 081.0145370 – Fax +39 081.0145371 – E-mail: marketing@isarail.com – info@isarail.com – www.isarail.com – Organismo di ispezione di tipo “A” ai sensi della norma UNI CEI EN ISO/IEC 17020.2005 nel settore dei sottosistemi ferroviari e relativi componenti – Verificatore Indipendente di Sicurezza (VIS) per l’ANSF con decreti 9/2010, 1/2011 e 6/2011.

ITALCERTIFER S.p.A. – Largo F.lli Alinari, 4 – 50123 FIRENZE – Tel. 055.2988811 - Fax 055.264279 – www.italcertifer.it – Organismo notificato n. 1960 (Direttiva 2008/57/CE) – Verificatore indipendente di sicurezza (linee guida ANSF) – Organismo di ispezione di tipo A (norma EN 17020) per sottosistemi ferroviari e per la validazione di progetti civili – Laboratori accreditati per prove di componenti e sottosistemi ferroviari.

RINA SERVICES S.p.A. – Via Corsica 12 – 16128 GENOVA – Tel. +39 0105385791 – Fax +39 0105351237 – E-mail: railway@rina.org – www.rina.org. – Organismo Notificato per le Verifiche CE di Interoperabilità secondo la Direttiva per il sistema Alta Velocità Convenzionale 2008/57/CE – Valutatore indipendente di sicurezza per

l’agenzia nazionale per la sicurezza delle ferrovie - Ispezioni e test.

Q Società di progettazione e consulting:

INTERLANGUAGE S.r.l. – Strada Scaglia Est 134 – 41126 MODENA - Tel. 059/344720 - Fax 059/344300 - E-mail: info@interlanguage.it – Sito internet: www.interlanguage.it – Traduzioni tecniche, giuridiche, finanziarie e pubblicitarie – Impaginazione grafica, localizzazione software e siti web. Qualificati nel settore ferroviario.

R Trasporto materiale ferroviario:

FERRENTINO S.r.l. – Via Trieste, 25 – 17047 VADO LIGURE (SV) – Tel. 019.2160203 – Cell. +39.3402736228 – Fax 019.2042708 - E-mail: alessandroferrentino@gmail.com – www.ferrentinoconsulting.com – Consulenza e organizzazione trasporti, imbarchi, sbarchi per materiale ferroviario – Assistenza e consulenza per imballo, protezione e movimentazione pezzi eccezionali.

Prof. Ing. Stefano Ricci, *direttore responsabile*
Registrazione del Trib. di Roma 16 marzo 1951, n. 2035 del Reg. della Stampa
Stab. Tipolit. Ugo Quintily S.p.A. - Roma
Finito di stampare nel mese Maggio 2018



Rincalzatura scambi semplificata

Unimat 09-4x4/4S Dynamic: la nuova macchina a ciclo continuo per tutte le classi di binario. Prosegue con successo la serie delle nostre rincalzatrici universali efficienti, affidabili, versatili e rispettose delle esigenze dei ns. clienti. Il nuovo sistema di comando Plasser Intelligent Control P-IC 2.0 permette un design ergonomico delle cabine di comando; il registratore dati elettronico DRP consente la precisa documentazione dei risultati di lavorazione, ottenuti anche con l'impiego dello stabilizzatore dinamico integrato. La possibilità di variare le impostazioni di macchina (ad es. la frequenza delle vibrazioni dell'aggregato di rincalzatura) aumenta il rendimento e riduce i tempi di impegno del binario.

Sistemi completi di Terra e di Bordo per l'Esercizio Ferroviario e Metropolitano



Part of the Signal Division of
Progress Rail, A Caterpillar Company



www.ecmre.com