



SALCEF GROUP

Leading the **Railway**



SMART RAILWAY TECHNOLOGY

Overail
track solutions

EXPO Ferroviaria 2025

30 settembre - 2 ottobre
Fiera Milano Rho, Milano

Stand D90



Mitigazione della vulnerabilità
sismica di una stazione
*Mitigation of seismic vulnerability
of a station*



Digital Automatic Coupling
per i treni merci
*Digital Automatic Coupling
for freight trains*

In questo numero
In this issue



FORGED IN NATURE

We are an Italian steel manufacturing group, inspired by nature and driven by the expertise and passion of our people. With our integrated production process, we are relentless in our pursuit of perfection, creating products that embody the essence of natural strength and durability. We are the global partner for sustainable progress in mobility and industry.

Come and visit us at:

EXPO FERROVIARIA, 30/09/2025 – 02/10/2025, MILAN, BOOTH M60

GROUP
LUCCHINIRS

I SOCI COLLETTIVI DEL COLLEGIO INGEGNERI FERROVIARI ITALIANI

A.M.T. - GENOVA
A.T.M. S.p.A. - MILANO
AET S.r.l. - NAPOLI
AI2 S.r.l. - APPLICAZIONI DI INGEGNERIA S.r.l. - BARI
AIAS - ASS.NE ITALIANA AMBIENTE E SICUREZZA - SESTO SAN GIOVANNI (MI)
AKKODIS ITALY S.r.l. - BOLOGNA
ALSTOM FERROVIARIA S.p.A. - SAVIGLIANO (CN)
ALTEN ITALIA SPA - MILANO
ANCEFERR - ROMA
ANGELSTAR S.r.l. - MOLA DI BARI (BA)
ANIAP - ASSOCIAZIONE NAZIONALE IMPRESE ARMAMENTO FERROVIARIO - ROMA
ANSFISA - FIRENZE
ANTFERR - ASS.NE NAZIONALE TECNOLOG. DEL SETTORE FERROVIARIO - ROMA
ARMAFER S.r.l. - LECCE
ASS.TRA - ASSOCIAZIONE TRASPORTI - ROMA
ASSIFER - ASSOCIAZIONE INDUSTRIE FERROVIARIE - MILANO
ASSIFIDI S.p.A. - ROMA
ASTRAL S.p.A. - ROMA
ATAC S.p.A. - ROMA
AUTORITA' DI SISTEMA PORTUALE DEL MARE ADRIATICO ORIENTALE - TRIESTE
B. & C. PROJECT S.r.l. - SAN DONATO MILANESE (MI)
BITECNO S.r.l. - BOLOGNA
BONOMI EUGENIO S.p.A. - MONTICHIARI (BS)
BOSCH SECURITY SYSTEMS S.p.A. - MILANO
BRESCIA INFRASTRUTTURE S.r.l. - BRESCIA
BRUNO S.r.l. - BRESCIA
BTP INFRASTRUTTURE - ROMA
BUREAU VERITAS ITALIA S.p.A. - MILANO
C.E.F.I. S.r.l. - NAPOLI
C.E.M.E.S. S.p.A. - PISA
C.L.F. COSTRUZIONI LINEE FERROVIARIE S.p.A. - BOLOGNA
CAD CONNECT S.a.s. DI SIMONE SPINACI
CARROZZERIA NUOVA S. LEONARDO S.r.l. - SALERNO
CAVUOTO INGEGNERIA DELLE STRUTTURE S.p.A. - NAPOLI
CEMBRE S.p.A. - BRESCIA
CEPRINI COSTRUZIONI S.r.l. - ORVIETO (TR)
CIRCET ITALIA S.p.A. - SAN GIOVANNI TEATINO (CH)
COET S.r.l. - SAN DONATO MILANESE (MI)
COGESIRM S.r.l. - NAPOLI
COMESVIL S.p.A. - VILLARICCA (NA)
COMMEL S.r.l. - ROMA
CONSORZIO SATURNO - ROMA
CONSTRUIRE ENERGIE S.r.l. - GUIDONIA MONTECELIO (RM)
CZ LOKO ITALIA S.r.l. - PORTO MANTOVANO (MN)
D&T S.r.l. - MILANO
D'ADDETTA S.p.A. - BERCETO (PR)
D'ADIUTORIO COSTRUZIONI S.p.A. - MONTORIO AL VOMANO (TE)
DINAZZANO PO - REGGIO NELL'EMILIA
DITECFER - PISTOIA
DUCATI ENERGIA S.p.A. - BOLOGNA
DYNASTES S.r.l. - ROMA
ELEN MACHINES S.r.l. - ALBANO LAZIALE (RM)
EMMEFER SRL - MONTEMILETTO (AV)
ENTE AUTONOMO VOLTURNO S.r.l. - NAPOLI
EREDI GIUSEPPE MERCURI S.p.A. - NAPOLI
ESERCIZIO RACCORDI FERROVIARI - VENEZIA
ESIM S.r.l. - BARI
ESPERIA S.r.l. - PAOLA (CS)
ETS SRL SOCIETA' DI INGEGNERIA - LATINA
EUROS S.r.l. - NAPOLI
FADEP S.r.l. - NAPOLI
FAVELEY TRANSPORT ITALIA S.p.A. - PIOSSASCO (TO)
FER S.r.l. - FERROVIE EMILIA ROMAGNA - FERRARA
FERONE PIETRO & C. S.r.l. - NAPOLI
FERROTRAMVIARIA ENGINEERING S.p.A. - NAPOLI
FERROTRAMVIARIA S.p.A. - BARI
FERROVIE APPULO LUCANE S.r.l. - BARI
FERROVIE DEL GARGANO S.r.l. - BARI
FERROVIE DEL SUD EST E SERV.AUTOMOBILISTICI S.r.l. - BARI
FERROVIE DELLO STATO S.p.A. - ROMA
FERROVIENORD S.p.A. - MILANO
FIBRE NET SPA - PAVIA DI UDINE (UD)
FONDAZIONE FS ITALIANE - ROMA
FOR.FER S.r.l. - ROMA
G.C.F. GEN.LE COSTRUZIONI FERROVIARIE S.p.A. - ROMA
G.C.F.E. S.p.A. - SAN DONATO MILANESE (MI)
GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO BBT SE - BOLZANO
GECO S.r.l. - GALLIATE (NO)
GEISMAR ITALIA S.p.A. - POGGIORE (RE)
GEOSEC S.r.l. - PARMA
GEOSINTESI S.p.A. - GOZZANO (NO)
GESTIONE GOVERNATIVA FERROVIA CIRCUMETNEA - ROMA
GETZNER WERKSTOFFE GmbH - BURS - AUSTRIA
GILARDONI S.p.A. - MANDELLO DEL LARIO (LC)
GRANDI STAZIONI RAIL S.p.A. - ROMA
HARPACEAS S.r.l. - MILANO
HILTI ITALIA S.r.l. - SESTO SAN GIOVANNI (MI)
HIMA ITALIA - MILANO
HITACHI RAIL GTS ITALIA S.r.l. - SESTO FIORENTINO (FI)
HITACHI RAIL STS S.p.A. - NAPOLI
HUPAC S.p.A. - BUSTO ARSIZIO (VA)
I.C.E.P. S.p.A. - INDUSTRIA CEMENTI PREFABBRICATI - BUCCINO (SA)
IKOS CONSULTING ITALIA S.r.l. - MILANO
IMAF S.r.l. - NAPOLI
IMPRESA LUIGI NOTARI S.p.A. - MILANO
IMPRESA SILVIO PIEROBON S.r.l. - BELLUNO
IMPRESA SIMEONE E FIGLI S.r.l. - (NA)
INFRARAIL FIRENZE S.r.l. - FIRENZE
INFRASTRUTTURE VENETE S.r.l. - PIOVE DI SACCO (PD)
INRAIL S.p.A. - GENOVA
ISALAB S.r.l. - GENOVA
ITALCERTIFER S.p.A. - FIRENZE
ITALFERR S.p.A. - ROMA
ITALO - N.T.V. S.p.A. - MILANO
IVECOS S.p.A. - COLLE UMBERTO (TV)
KNORR-BREMSE RAIL SYSTEMS ITALIA S.r.l. - CAMPI BISENZIO (FI)
KNOUX GmbH - MONACO DI BAVIERA (GERMANIA)
KRAIBURG STRAIL GMBH & CO KG - TITTMONING (GERMANIA)
LA FERROVIARIA ITALIANA S.p.A. - AREZZO
LATERLITE S.p.A. - MILANO
LEF S.r.l. - FIRENZE
LOTTRAS S.r.l. - FOGGIA
LUCCHINI RS S.p.A. - LOVERE (BG)
M. PAVANI SEGNALAMENTO FERROVIARIO S.r.l. - CONCORDIA SULLA SECCHIA (MO)
M2 RAILTECH S.r.l. - LA VALLE - BOLZANO
MARGARITELLI FERROVIARIA S.p.A. - PONTE SAN GIOVANNI (PG)
MARINI IMPIANTI INDUSTRIALI S.p.A. - CISTERNA DI LATINA (LT)
MATISA S.p.A. - SANTA PALOMBA (RM)
MB PROGETTI S.r.l. - ROMA
MEDTEC S.r.l. - PAOLA (CS)
MER MEC S.p.A. - MONOPOLI (BA)
MICOS S.p.A. - LATINA
MM METROPOLITANA MILANESE S.p.A. - MILANO
MONT-ELE S.r.l. - GIUSSANO (MI)
MOSDORFER RAIL S.r.l. - RHO (MI)
NET ENGINEERING S.r.l. - VERONA
NICCHERI TITO S.r.l. - AREZZO
NIER INGEGNERIA S.p.A. SOCIETA' BENEFIT - CASTEL MAGGIORE (BO)
NORD ING S.r.l. - MILANO
PLASSER ITALIANA S.r.l. - VELLETRI (RM)
PRATI ARMATI S.r.l. - OPERA (MI)
PROGETTO BR S.r.l. - COSTA DI MEZZATE (BG)
PROGRESS RAIL SIGNALING S.p.A. - SERRAVALLE PISTOIESE (PT)
PROJECT AUTOMATION S.p.A. - MONZA (MI)
PTF S.r.l. - CARINI (PA)
RAIL TRACTION COMPANY - VERONA
RAILWAY ENTERPRISE S.r.l. - ROMA
RAVA - REGIONE AUTONOMA VALLE D'AOSTA - POLLEIN (AO)
R.F.I. S.p.A. - RETE FERROVIARIA ITALIANA - ROMA
S.I.C.E. - CHIUSI (PI)
S.I.I.P. S.r.l. - NAPOLI
S.T.A. S.p.A. - STRUTTURE TRASPORTO ALTO ADIGE - BOLZANO
S.T.E.L. S.r.l. - COLLESALVETTI (LI)
SADEL S.p.A. - CASTEL MAGGIORE (BO)
SAFECERTIFIEDSTRUCTURE INGEGNERIA S.r.l. - ROMA
SAGA S.r.l. - RAVENNA (RA)
SALCEF GROUP S.p.A. - ROMA
SATFERR S.r.l. - FIDENZA (PR)
SCALA VIRGILIO & FIGLI S.p.A. - MONTEVARCHI (AR)
SCHAEFFLER ITALIA S.r.l. - NOVARA
SENAF S.r.l. - MILANO
SICURFERR S.r.l. - CASORIA (NA)
SIE-FER S.r.l. - MILITELLO IN VAL DI CATANIA (CT)
SIEMENS S.p.A. SETTORE TRASPORTI - MILANO
SILSUD S.r.l. - FERENTINO (FR)
SIMPRO S.p.A. - TORINO
SINERGO S.p.A. - BOLOGNA
SINTAGMA S.r.l. - SAN MARTINO IN CAMPO (PG)
SO.CO.FER S.p.A. - ROMA
SPEKTRA S.r.l. A TRIMBLE COMPANY - VIMERCATE (MB)
SPERI S.p.A. - ROMA
SPII S.p.A. - SARONNO (MI)
SPITEK S.r.l. - PRATO
STAMPERIA CARCANO GIUSEPPE S.p.A. - ALBESE CON CASSANO (CO)
STUDIO LEGALE ASS.TO LANIANCA & LOIACONO - BARI
STUDIO TECHNE' S.r.l. - FIRENZE
SVECO S.p.A. - BORGOMANERO (VA)
T&C S.r.l. - NAPOLI
T.M.C. S.r.l. - TRANSPORTATION MANAGEMENT CONSULTANT - POMPEI (NA)
TE.SI.FER. S.r.l. - FIRENZE
TEAM ENGINEERING S.p.A. - ROMA
TECNOLOGIE MECCANICHE S.r.l. - ARICCIA (RM)
TECNOSISTEM S.p.A. - NAPOLI
TECNOTEAM ITALIA S.r.l.s. - MERCATALE DI OZZANO DELL'EMILIA (BO)
TEKFER S.r.l. - BEINASCO (TO)
TEKNO KONS INNOVATION S.r.l. - AVERSA (CE)
TELEFIN S.p.A. - VERONA
TELIT SAS - TORINO
TERMINALI ITALIA - VERONA
TESMEC RAIL S.r.l. - MONOPOLI (BA)
THERMIT ITALIANA S.r.l. - RHO (MI)
TPER S.p.A. - TRASP. PASS.RI EMILIA ROMAGNA - BOLOGNA
TRAINING S.r.l. - VERONA
TRENITALIA S.p.A. - ROMA
TRENITALIA TPER - BOLOGNA
TRENORD S.r.l. - MILANO
TRENTO TRASPORTI S.p.A. - TRENTO
TUA - SOCIETA' UNICA ABRUZZESE DI TRASPORTO S.p.A. - CHIETI
TX LOGISTIK TRANSALPINE GMBH - BOLZANO
ULIXES S.r.l. UNIPERSONALE - FROSINONE
URETEK ITALIA S.p.A. - BOSCO CHIESANUOVA (VR)
VALTELLINA S.p.A. - GORLE (BE)
VERICERT S.r.l. - FORNACE ZARATTINI (RA)
V.I.D.R. S.r.l. - CATENANUOVA (EN)
VOITH TURBO S.r.l. - REGGIO EMILIA
VOSSLOH SISTEMI S.r.l. - CESENA
VTG RAIL EUROPE GmbH - SARONNO (VA)
WEGH GROUP S.p.A. - FORNOVO DI TARO (PR)
Z LAB S.r.l. - VERONA

INDICE DEGLI ANNUNZI PUBBLICITARI

SALCEF GROUP S.p.A. – Roma	I copertina
LUCCHINI RS S.p.A. - Lovere (BG)	II copertina
ISOIL S.p.A. - Cinisello Balsamo (MI)	pagina 614
KRAIBURG STRAIL GmbH & Co. – Tittmoning (Germania)	pagina 618
CLF – Costruzioni Linee Ferroviarie S.p.A. – Bologna	pagina 630
PLASTIROMA S.r.l. – Guidonia Montecelio (RM)	pagina 643
PLASSER Italiana S.r.l. - Velletri (RM)	III copertina
CIFI Servizi S.r.l. – Roma	IV copertina

CONDIZIONI DI ASSOCIAZIONE AL CIFI QUOTE SOCIALI ANNO 2025

- Soci Ordinari e Aggregati con distribuzione di entrambe le riviste periodiche (cartaceo oppure online)	€/anno	85,00
- Soci Ordinari e Aggregati under 35 con distribuzione di entrambe le riviste periodiche (cartaceo oppure online). <i>I nuovi soci under 35 (neolaureati oppure neoassunti nell'anno in corso di soci collettivi) beneficeranno per 3 anni o fino al compimento del 35° anno di età della quota dei Soci Juniores</i>	€/anno	60,00
- Soci Juniores con distribuzione di entrambe le riviste periodiche (solo online)	€/anno	25,00

Tutti i Soci hanno diritto ad avere uno sconto del 20% sulle pubblicazioni edite dal CIFI, ad usufruire di eventuali convenzioni con Enti esterni ed a partecipare alle varie manifestazioni (convegni, conferenze, corsi) organizzati dal Collegio.

Il modulo di associazione è disponibile sul sito internet www.cifi.it alla voce "COME ASSOCIARSI" e l'iscrizione decorre dopo il versamento tramite le seguenti modalità:

- Conto corrente postale n. **31569007** intestato al Collegio Ingegneri Ferroviari Italiani – Via Giolitti Giovanni, 46 – 00185 Roma.

- Bonifico bancario sul conto: **Codice IBAN: IT29 U 02008 05203 000101180047** – Codice BIC/SWIFT: UNCRITM 1704, intestato a Collegio Ferroviari Italiani, presso UNICREDIT BANCA – Ag. 704 – ROMA ORLANDO.

- Carta di credito/prepagata sul sito www.cifi/shop/.

Per il personale FSI, RFI, TRENITALIA, FERSERVIZI e ITALFERR è possibile versare la quota annuale, con trattenuta a ruolo compilando il modulo per la delega disponibile sul sito.

Il rinnovo della quota va effettuato entro i termini previsti dallo Statuto ovvero entro il **31 dicembre** dell'anno precedente.

Per ulteriori informazioni: Segreteria Generale – tel. 06/4882129 – FS 26825 – E mail: areasoci@cifi.it

Contatti - Contacts

Tel. 06.4742987

E-mail: redazioneif@cifi.it - notiziari.if@cifi.it - direttore.if@cifi.it

Servizio Pubblicità - Advertising Service

Roma: 06.47307819 - areasoci@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

Maurizio CAVAGNARO

Giuseppe CAVALLERI

Federico CHELI

Maria Vittoria CORAZZA

Biagio COSTA

Bruno DALLA CHIARA

Massimo DEL PRETE

Salvatore DI TRAPANI

Anders EKBERG

Alessandro ELIA

Luigi EVANGELISTA

Carmen FORCINITI

Attilio GAETA

Federico GHERARDI

Ingo HANSEN

Virginia INFANTE

Marino LUPI

Adoardo LUZI

Gabriele MALAVASI

Giampaolo MANCINI

Vito MASTRODONATO

Elena MOLINARO

Francesco NATONI

Umberto PETRUCCELLI

Luca RIZZETTO

Stefano ROSSI

Dario ZANINELLI

Consulenti - Consultants

Giovannino CAPRIO

Paolo Enrico DEBARBIERI

Giorgio DIANA

Antonio LAGANA

Emilio MAESTRINI

Mauro MORETTI

Silvio RIZZOTTI

Giuseppe SCIUTTO

Redazione - Editorial Staff

Massimiliano BRUNER

Ivan CUFARI

Francesca PISANO



Associazione NO PROFIT con personalità giuridica (n. 645/2009) iscritta al Registro Nazionale degli Operatori della Comunicazione (ROC) n. 33553 - 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, 46 - 00185 Roma

E-mail: info@cifi.it - u.r.l.: www.cifi.it

Tel. 06.4742986

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 LXXX | **Luglio-Agosto 2025** | 7-8**Condizioni di Associazione al CIFI****570****MITIGAZIONE DELLA VULNERABILITÀ SISMICA MEDIANTE
LA TECNICA DELL'ISOLAMENTO: IL CASO STUDIO
DELLA STAZIONE COSENZA VAGLIO LISE
MITIGATION OF SEISMIC VULNERABILITY THROUGH
THE ISOLATION TECHNIQUE: THE CASE STUDY
OF THE COSENZA VAGLIO LISE STATION**

Andrea VECCHI

Francesco IODICE

Felisiano PROPATO

Leonardo CIAMPICHELLI

573**IL DIGITAL AUTOMATIC COUPLING PER I TRENI MERCI: RUOLO,
BENEFICI, LIMITI
DIGITAL AUTOMATIC COUPLING FOR FREIGHT TRAINS: ROLE,
BENEFITS, LIMITATIONS**

Gabriele ORSI

Germano BONI

Bruno DALLA CHIARA

595**Vita del CIFI - Cerimonia di consegna delle Borse di Studio
bandite nell'anno 2024****615****Notizie dall'interno****619****Notizie dall'estero***News from foreign countries***631****IF Biblio****641****Condizioni di Abbonamento a IF - Ingegneria Ferroviaria***Terms of subscription to IF - Ingegneria Ferroviaria***642****Elenco di tutte le Pubblicazioni CIFI****646****Fornitori di prodotti e servizi****650**

La pubblicazione 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 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: +39.06.4742986 – 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 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: +39.06.4742986 – e-mail: redazioneif@cifi.it



Mitigazione della vulnerabilità sismica mediante la tecnica dell'isolamento: il caso studio della stazione Cosenza Vaglio Lise

Mitigation of seismic vulnerability through the isolation technique: the case study of the Cosenza Vaglio Lise station

Andrea VECCHI (*)

Francesco IODICE (*)

Felisiano PROPATO (*)

Leonardo CIAMPICHETTI (*)

(<https://www.medra.org/servlet/view?lang=it&doi=10.57597/IF.0708.2025.ART.1>)

Sommario - L'entrata in vigore dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei ministri n. 3274/03 [1] ha normato, per la prima volta in Italia, l'applicazione dei dispositivi di isolamento sismico, permettendo di fatto ai progettisti l'utilizzo dei suddetti sistemi di protezione sismica passiva, senza dover incorrere nel complesso iter procedurale che si concludeva con il parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. I principi introdotti dall'Ordinanza vengono recepiti come prescrizioni a seguito del terremoto che ha colpito il territorio aquilano, con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008 [2] e l'abrogazione definitiva delle norme approvate con il Decreto Ministeriale 09/01/1996 [3]. Gli eventi appena rappresentati hanno permesso nell'ultimo decennio la diffusione dei sistemi di isolamento sul territorio nazionale sia con riferimento alle strutture di nuova realizzazione che agli interventi di retrofit delle strutture esistenti, oggetto del presente studio.

1. Introduzione

L'isolamento sismico agisce attraverso l'incremento del periodo fondamentale di vibrazione di un sistema strutturale allo scopo di abbattere significativamente le accelerazioni a cui la struttura è sottoposta all'occorrenza di un sisma e mediante un'ulteriore riduzione delle suddette accelerazioni qualora i dispositivi abbiano anche capacità dissipativa. Rispetto ad un intervento di rinforzo di tipo tradizionale, in linea generale i vantaggi che si ottengono sono essenzialmente tre:

- 1) la ridotta domanda sismica consente alla sovrastruttura, ovvero quella parte di struttura posta al di sopra dei dispositivi d'isolamento, di rimanere sostanzialmente in campo elastico in seguito ad un evento sismico di

Summary - The entry into force of the Ordinance of the President of the Council of Ministers no. 3274/03 [1], for the first time in Italy, regulated the application of seismic isolation devices, allowing designers to use the aforementioned passive seismic protection systems, without having to go through the complex procedural process that ended with the opinion of the Higher Council of Public Works. The principles introduced by the Ordinance are transposed as requirements following the earthquake that struck the territory of L'Aquila, with the entry into force of the Technical Standards for Construction of 2008 [2] and the definitive repeal of the rules approved by Ministerial Decree 09/01/1996 [3]. The events just represented have allowed the spread of isolation systems throughout the country over the last decade, both with reference to newly built structures and to the retrofitting of existing structures that are the subject of this study.

1. Introduction

Seismic isolation acts by increasing the fundamental period of vibration of a structural system in order to significantly reduce the accelerations to which the structure is subjected in the event of an earthquake and by further reducing the aforementioned accelerations if the devices also have dissipative capacity. In general, the advantages obtained are essentially three compared to a traditional type of reinforcement intervention:

- 1) the reduced seismic demand allows the superstructure, or that part of the structure placed above the isolation devices, to remain substantially in the elastic field following a seismic event of intensity close to the maximum design intensity, or for severe earthquakes with low probability of occurrence;

(*) RFI (Rete Ferroviaria Italiana) Ponti e Strutture, Roma.

(*) RFI (Rete Ferroviaria Italiana) Bridges and Structures, Rome.

intensità prossima a quella massima di progetto, ovvero per terremoti severi con bassa probabilità di accadimento;

- 2) per terremoti più frequenti, ma di minore intensità, la sovrastruttura si comporta quasi come un corpo rigido in cui la deformabilità è concentrata tutta nei dispositivi di isolamento, con una significativa riduzione degli spostamenti di interpiano e di conseguenza della probabilità di danneggiamento delle apparecchiature sensibili. Tale aspetto è di essenziale importanza ai fini del mantenimento delle funzionalità dell'organismo edilizio post-terremoto;
- 3) il basso impatto dell'intervento sulla sovrastruttura limita l'interruzione delle attività anche durante la fase transitoria di realizzazione dei lavori.

Nel presente articolo, gli aspetti innanzi rappresentati mettono in evidenza l'efficacia dell'isolamento sismico applicato ad un caso reale di retrofit di un aggregato edilizio composto da più unità strutturali: trattasi, nello specifico, della stazione ferroviaria della città di Cosenza, posta al km 65+880 della linea ferroviaria Sibari – Cosenza (Fig. 1).

2. Stato di fatto

Il complesso oggetto del presente studio è costituito da cinque unità strutturalmente indipendenti, grazie alla presenza di opportuni giunti sismici (Fig. 2), ma caratterizzate dagli stessi schemi statici e dal medesimo sistema costruttivo.

Il progetto esecutivo risale al periodo tra il 1971 ed il 1972 ed è stato elaborato dagli architetti S. Rossi e C. TROPEA, con la consulenza strutturale dello studio dell'Ing. P. L. NERVI. I lavori di costruzione vennero completati nel 1978 e l'entrata in servizio avvenne nel 1987. Vale la pena sottolineare che l'opera in oggetto non rientra nelle usuali tipologie costruttive adottate per gli edifici in conglomerato cementizio armato dell'epoca, in ragione delle molteplici peculiarità che si avrà modo di sottolineare nel seguito.

Lo stato di fatto del fabbricato è stato ricostruito a partire dalla documentazione progettuale e dai risultati di una campagna di indagini e prove strutturali e geotecniche volta a migliorare la conoscenza dell'opera.

Ciascuna unità è costituita da una maglia di pilastri in c.a. a sezione cruciforme con angoli smussati aventi interasse di 10 m in entrambe le direzioni principali, collegati da travi rettangolari anch'esse in c.a. a formare telai quasi sempre spaziali (telai sismo-resistenti in entrambe le direzioni).

Si sottolinea come i pilastri non rastremano in altezza e, in corrispon-

- 2) for more frequent, but less intense earthquakes, the superstructure behaves almost like a rigid body in which deformability is all concentrated in the isolation devices, with a significant reduction in inter-storey displacements and consequently in the probability of damage to sensitive equipment. This aspect is of essential importance in order to maintain the functions of the post-earthquake building system;
- 3) the low impact of the intervention on the superstructure limits the interruption of activities even during the transitional phase of construction work.

In this article, the above aspects highlight the effectiveness of seismic isolation applied to a real case of retrofitting a building complex composed of several structural units. In this specific case, it is the railway station of the city of Cosenza, located at km 65+880 of the Sibari – Cosenza railway line (Fig.1).

2. State of facts

The complex object of this study consists of five structurally independent units, thanks to the presence of appropriate seismic joints (Fig. 2), but characterised by the same static diagrams and the same construction system.

The executive project dates back to the period between 1971 and 1972 and was drawn up by the architects S. Rossi and C. TROPEA, with the structural consultation of Eng. P. L. NERVI. The construction works were completed in 1978, and service began in 1987. It is worth noting that the work in question does not fall within the usual construction types adopted for reinforced concrete buildings of the time, due to the many peculiarities that will be highlighted below.

The actual condition of the building has been reconstructed from the design documentation and the results of a campaign of structural and geotechnical investigations and tests aimed at improving knowledge of the work.

Each unit consists of a mesh of cross-shaped section reinforced concrete pillars with chamfered corners with



Figura 1 – Stazione ferroviaria di RFI della città di Cosenza – Immagine aerea.

Figure 1 – RFI railway station in the city of Cosenza – Aerial picture.

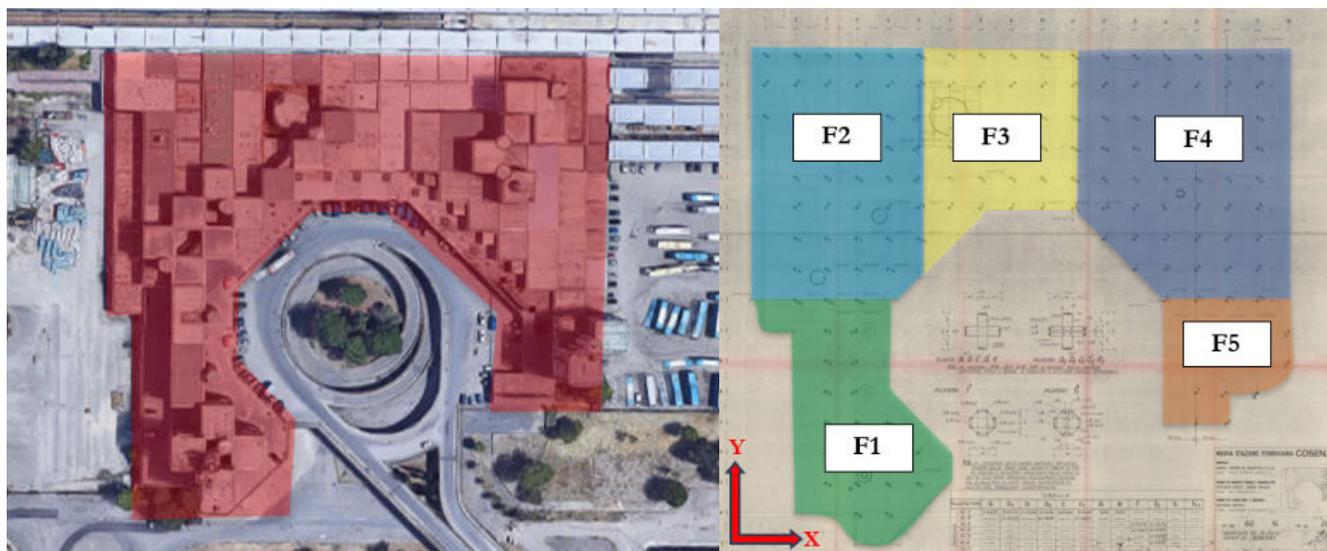


Figura 2 – Vista dall’alto con evidenza dell’opera (sinistra) e distinzione delle unità strutturali che la compongono (destra).
 Figure 2 – Top view with evidence of the work (left) and distinction of the structural units that compose it (right).

denza dei giunti, la sezione cruciforme è suddivisa a metà dando luogo a due elementi più “deboli” aventi sezione a T; le travi hanno una larghezza costante di 30 cm ed altezza variabile da 130 cm al primo impalcato fino a 105 cm ai livelli superiori; la larghezza si dimezza in corrispondenza dei giunti, come avviene per i pilastri.

Tutti i corpi presentano delle peculiarità strutturali tali da essere classificati come edifici fortemente irregolari sia in pianta che in elevazione. A tal proposito, anche senza ripercorrere la classificazione fornita dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018 (NTC18 nel seguito) [4], basti pensare ai vari torrioni sopraelevati, ai piani pilotis, alla presenza di nuclei in c.a. in posizione eccentrica e all’esistenza di elementi “in falso” su impalcati intermedi.

3. Isolamento sismico dell’opera

3.1. Idea progettuale

L’esito della verifica di vulnerabilità sismica evidenzia l’insufficienza dell’opera in termini di resistenza e duttilità in fase sismica nonché, tra le maggiori criticità, il martellamento strutturale tra i corpi adiacenti in caso di sisma severo, che imporrebbe il ricorso ad interventi molto invasivi al fine di irrigidire sensibilmente il sistema strutturale.

Da queste premesse nasce l’idea progettuale in questione, che prevede il collegamento di tutti i corpi di fabbrica in corrispondenza del piano da isolare, attraverso la realizzazione di uno “zatterone di fondazione sopraelevato” dotato di elevata rigidità nel proprio piano. Inserendo al di sotto di tale elemento dei dispositivi molto più deformabili lateralmente rispetto al sistema strutturale esistente, si otterrà che ciascuna sovrastruttura, sebbene indipendente, tenderà a muoversi rigidamente e in fase con le altre, in quanto la dinamica del moto sarà influenzata principalmente dalla

a distance of 10 m in both main directions, connected by rectangular beams also made of reinforced concrete, to form almost always spatial frames (earthquake-resistant frames in both directions).

It should be noted that the pillars do not taper in height and, at the joints, the cross-shaped section is divided in half giving rise to two “weaker” elements with a T-section; the beams have a constant width of 30 cm and a variable height of 130 cm at the first deck up to 105 cm at the upper levels; the width is halved at the joints, as is the case for the pillars.

All the bodies have structural peculiarities such as to be classified as highly irregular buildings both in plan and in elevation. In this regard, even without retracing the classification provided by the 2018 Technical Standards for Construction (NTC18 below) [4], just think of the various raised towers, the stilt floors, the presence of reinforced concrete cores in an eccentric position and the existence of “false” elements on intermediate decks.

3. Seismic isolation of the work

3.1. Design idea

The outcome of the verification of seismic vulnerability highlights the insufficiency of the work in terms of resistance and ductility in the seismic phase as well as, among the major critical issues, the structural hammering between adjacent bodies in the event of a severe earthquake, which would require the use of very invasive interventions in order to significantly stiffen the structural system.

The project idea in question arises from these premises, which envisages the connection of all the buildings in correspondence with the floor to be isolated, through the creation of a “raised foundation raft” with high rigidity in its own floor. By introducing much more laterally deformable devic-

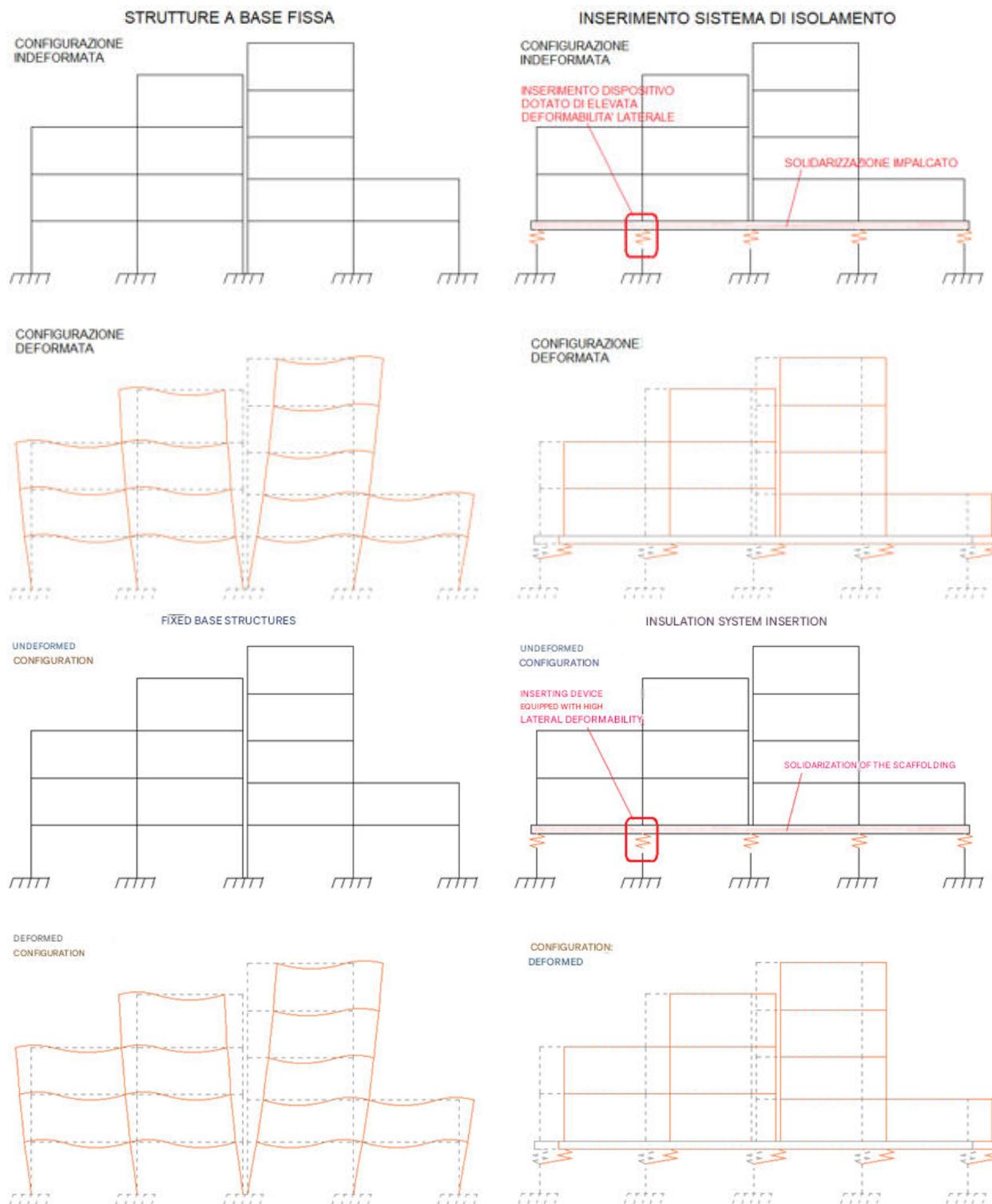


Figura 3 – Schematizzazione dell’idea progettuale alla base dell’intervento.
 Figure 3 – Schematisation of the design idea underlying the intervention.

deformabilità dei dispositivi di isolamento. Lo schema rappresentato in Fig. 3 chiarisce ulteriormente l’idea progettuale appena descritta: a sinistra si mostra una deformata qualitativa di due strutture indipendenti a base fissa sogget-

es below this element than the existing structural system, will result in each superstructure, although independent, tending to move rigidly and in phase with the others, as the dynamics of the motion will be mainly influenced by the

te alle azioni orizzontali in corrispondenza degli orizzontamenti, mentre a destra si rappresenta il tipo di deformata che ci si attende a seguito dell'inserimento degli isolatori sismici al di sotto di un impalcato reso solidale.

3.2. Dispositivi di isolamento

A partire dall'intradosso delle travi appartenenti all'impalcato di calpestio del piano terra, si realizza il taglio nei pilastri per l'inserimento di isolatori a scorrimento a doppia superficie curva, di seguito denominati "friction pendulum". Il dimensionamento, che sarà dettagliato in seguito, porta all'adozione di n.5 tipologie ad attrito minimo (immagine a sinistra di Fig. 4) più la tipologia denominata a "basso attrito" (immagine a destra), la cui funzione è simile a quella delle slitte nei sistemi accoppiati quando si utilizzano gli isolatori elastomerici. La scelta della tipologia di isolatore è essenzialmente legata ad aspetti di natura economica, alla capacità ricentrante dei dispositivi e alla caratteristica di avere un periodo proprio di vibrazione indipendente dalla massa gravante su di essi, cosicché il centro delle rigidezze risulta sempre coincidente con quello delle masse.

Per consentire il corretto posizionamento dei dispositivi, è prevista la realizzazione di un doppio baggiolo: quello inferiore è solidarizzato alla sommità del pilastro "tagliato", mentre superiormente la solidarizzazione avviene alle travi dell'impalcato.

L'interfaccia di isolamento è posta a quote diverse in corrispondenza dei collegamenti verticali, vale a dire nuclei ascensori e rampe scale, il cui "taglio" avviene appena al di sopra del sistema fondale in modo da non interromperne la continuità ed al tempo stesso garantire i requisiti minimi

deformability of the isolation devices. The diagram shown in Fig. 3 further clarifies the design idea just described: on the left is a qualitative deformation of two independent fixed base structures subject to horizontal actions at the horizontal alignment, while on the right is the type of deformation expected following the introduction of the seismic isolators below an integrated platform.

3.2. Isolating equipment

Starting from the lower surface of the beams belonging to the ground floor walkway, the pillars are cut for the introduction of double curved surface sliding isolators, hereinafter referred to as "friction pendulum". The dimensioning, which will be detailed later, leads to the adoption of 5 types of minimum friction (picture on the left of Fig. 4) plus the type called "low friction" picture on the right), whose function is similar to that of the slides in coupled systems when using elastomeric isolators. The choice of the type of isolator is essentially linked to economic aspects, the recentring capacity of the devices and the characteristic of having a period of vibration independent of the mass weighing on them, so that the centre of stiffness always coincides with that of the masses.

A double support is provided to allow the correct positioning of the devices: the lower one is integrated at the top of the "cut" pillar, while the upper one is integrated in the deck beams.

The isolation interface is placed at different heights at the vertical connections, i.e. elevator points and stair ramps, whose "cutting" takes place just above the bottom system so as not to interrupt its continuity and at the same time

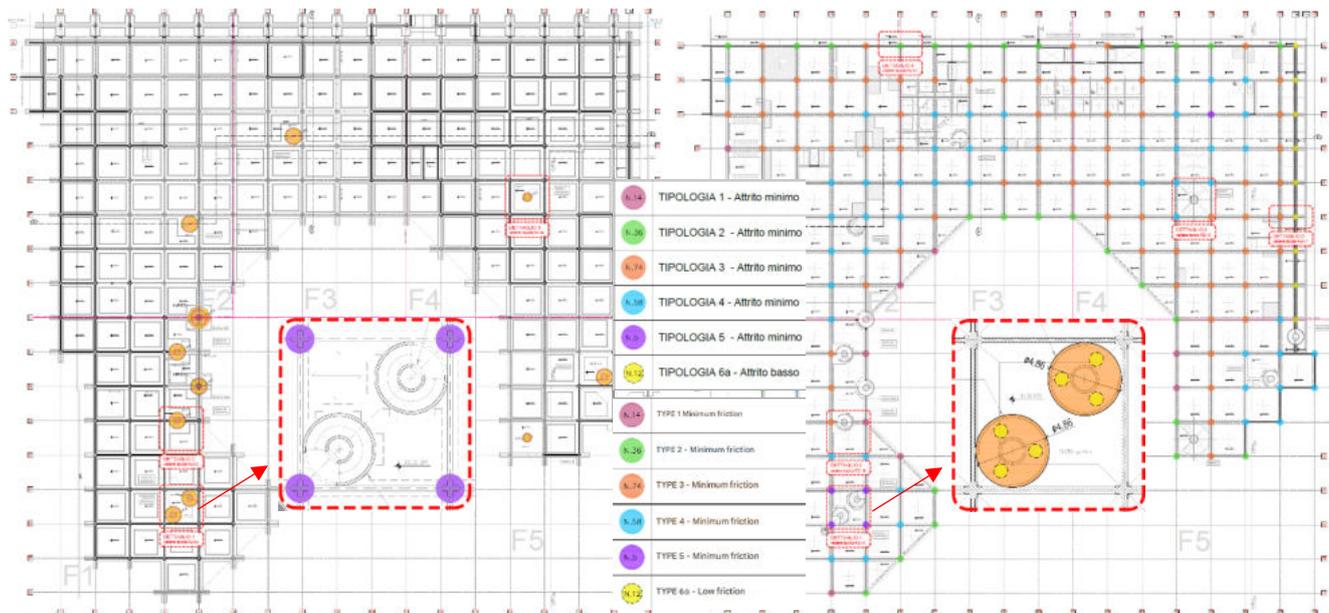


Figura 4 – Stralcio dell’elaborato grafico di progetto: disposizione in pianta dei “friction pendulum” al di sotto del piano isolato (sinistra) e a livello fondazionale (destra)

Figure 4 – Extract from the design graphic: layout of the “friction pendulum” below the isolated floor (left) and at the foundation level (right).

richiesti dalla fossa ascensore per l'ispezionabilità nella fase manutentiva. L'intervento prevede lato nucleo la realizzazione di una nuova soletta di intradosso, lato fondazione l'inserimento di un baggiolo in c.a.; tra questi due nuovi elementi, secondo quanto rappresentato in Fig. 4, immagine a destra, vengono inseriti i dispositivi a "basso attrito" in numero di tre per nucleo. La soluzione che prevedeva un unico dispositivo in asse ai nuclei è stata scartata in quanto avrebbe comportato spostamenti verticali eccessivi nelle zone estremali del nucleo stesso, dovuti alla rotazione flessionale della soletta e al diametro dell'elemento.

3.3. Solidarizzazione e rinforzi

La riuscita dell'intervento di retrofit richiede necessariamente che il primo impalcato da isolare debba essere reso solidale in corrispondenza dei giunti tecnici. A tale scopo si è prevista l'"unione" delle travi emergenti 15x130 cm mediante un'incamiciatura in c.a. ad "U" dello spessore di 7.5 cm, all'interno della quale sono previste, oltre alle barre longitudinali di intradosso, i ferri di parete, l'armatura trasversale e gli spinotti di ancoraggio, secondo quanto rappresentato nel dettaglio in alto di Fig. 5.

È essenziale che la sottostruttura resti in campo elastico anche per eventi di progetto riferiti allo stato limite di collasso (SLC nel seguito) ed al contempo abbia una rigidità laterale tale da soddisfare i requisiti di norma in assenza della realizzazione di un ulteriore orizzontamento. È previsto, allo scopo, un intervento diffuso su tutti i pilastri al di sotto del sistema di isolamento; l'intervento prevede, in coerenza con quanto già indicato per le travi di impalcato in corrispondenza del giunto, l'incamiciatura in c.a. di 7.5 cm per lato, all'interno della quale si predispone armatura longitudinale $\phi 20$ con passo 15 cm ed armatura trasversale $\phi 10$ (barre piegate a mo di staffe) inghisata nel calcestruzzo esistente.

Lo stesso intervento vale anche per i pilastri in corrispondenza dei giunti, con la differenza che in tal caso le armature trasversali sono passanti all'interno dei due elementi affiancati, in modo da pervenire alla solidarizzazione degli stessi. I dettagli degli interventi appena descritti sono mostrati nell'immagine in basso di Fig. 5.

4. Metodi di analisi e definizione degli accelerogrammi

Al fine di riprodurre in maniera accurata la risposta strutturale, si è deciso di adottare il più complesso metodo di analisi previsto dalle NTC, ovvero l'analisi dinamica non lineare, che permette di studiare il comportamento della struttura, istante per istante, durante l'evento sismico di progetto. Parallelamente, sono state eseguite analisi dinamiche lineari con spettro di risposta come strumento di controllo, data la complessità del metodo impiegato e le indicazioni esplicite delle NTC18 in merito ad un confronto dei risultati in termini di tagliante alla base.

guarantee the minimum requirements needed by the elevator pit for inspection purposes in the maintenance phase. On the core side, the intervention involves the construction of a new intrados slab, on the foundation side the introduction of a reinforced concrete support; between these two new elements, three "low friction" devices are introduced per core according to what is represented in Fig. 4, image on the right. The solution that provided for a single device in axis to the cores was discarded as it would have involved excessive vertical displacements in the end areas of the core itself, due to the bending rotation of the slab and the diameter of the element.

3.3. Joints and reinforcements

The success of the retrofit intervention necessarily requires that the first deck to be isolated must be made integral at the technical joints. For this purpose, the "joining" of the 15x130 cm emerging beams was provided by means of a 7.5 cm thick "U-shaped" reinforced concrete casing, inside which, in addition to the longitudinal intrados bars, the wall bars, the transverse reinforcement and the anchoring pins are provided, as shown in detail in Fig. 5 above.

It is essential that the substructure remains in the elastic field also for design events related to the limit state of collapse (SLC below) and at the same time has a lateral stiffness such as to meet the requirements of the rule in the absence of the implementation of a further horizontal alignment. For this purpose, a widespread intervention is provided on all the pillars below the isolation system; the intervention envisages, in line with what is already indicated for the deck beams at the joint, the 7.5 cm reinforced concrete casing per side, within which a $\phi 20$ longitudinal reinforcement with 15 cm pitch and $\phi 10$ transverse reinforcement (bars bent as brackets) grouted in the existing concrete is provided.

The same intervention also applies to the pillars at the joints, with the difference that in this case the transverse reinforcements are passing inside the two side by side elements, in order to make the same integral. The details of the interventions just described are shown in the picture at the bottom of Fig. 5.

4. Methods of analysis and definition of accelerograms

In order to accurately reproduce the structural response, it was decided to adopt the most complex analysis method provided for by the NTCs, namely non-linear dynamic analysis, which allows the behaviour of the structure to be studied, moment by moment, during the design earthquake. At the same time, linear dynamic analyses were performed with a response spectrum as a control tool, given the complexity of the method used and the explicit indications of the NTC18s regarding a comparison of the results in terms of base shear.

In compliance with the requirements of the legislation, the Local Seismic Response study shows that 7 natural ac-

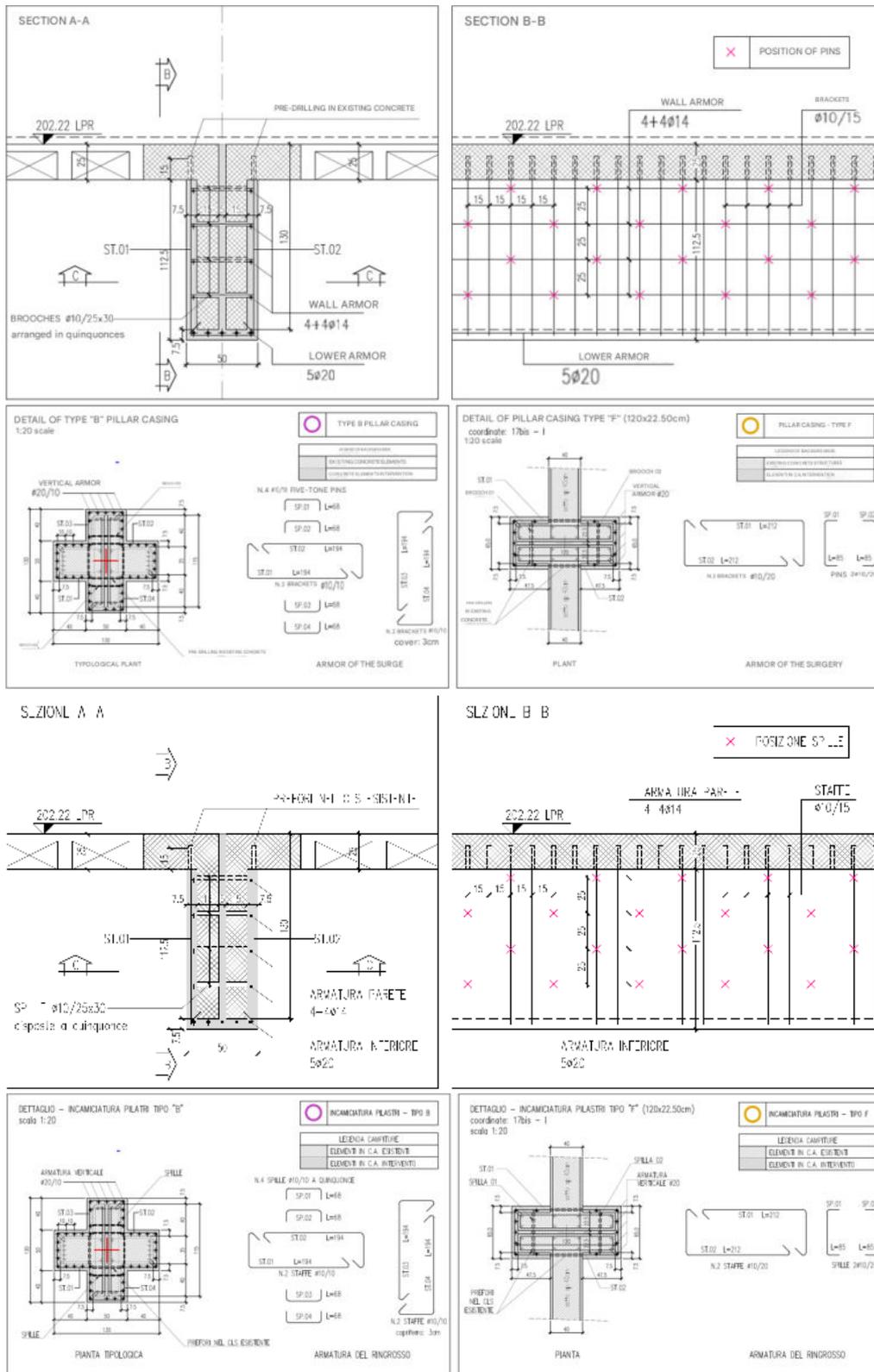


Figura 5 – Stralcio elaborato grafico di progetto. Dettaglio di intervento: in alto su travi giuntate dell'impalcato isolato e in basso su due pilastri adiacenti il giunto tecnico.

Figure 5 – Design graphic excerpt. Detail of intervention: at the top on jointed beams of the isolated deck and at the bottom on two pillars adjacent to the technical joint.

Nel rispetto delle prescrizioni della normativa, dallo studio di Risposta Sismica Locale emerge che sono stati generati n.7 accelerogrammi naturali con l'ausilio del software REXEL a partire da un'analisi di disaggregazione. La procedura permette di trovare i segnali significativi in ragione della magnitudo di situ e della distanza epicentrale, scalandoli opportunamente in modo da garantire la spettro-compatibilità, nel range di periodi 0.1÷2.0 s, con la pericolosità sismica di base del sito di interesse. Nel dettaglio, tale compatibilità è verificata con lo spettro di risposta elastico (coefficiente di smorzamento viscoso equivalente α del 5%), in modo che lo scarto della media delle ordinate spettrali dei singoli segnali amplificati risulti essere al di sopra del 10% (limite inferiore) ed al di sotto del 30% (limite superiore), in tutto l'intervallo dei periodi propri sopra menzionato. Successivamente, i segnali accelerometrici al "bedrock" sono amplificati mediante la procedura iterativa basata sull'ipotesi di modello mono-dimensionale del terreno a comportamento visco-elastico lineare, in condizioni di campo libero e convertiti, mediante trasformata di Fourier, in spettri di risposta. I risultati sono sintetizzati in Fig. 6, dove TH_i rappresenta il segnale spettrale i -esimo convertito a seguito della procedura di amplificazione, SLV_Mean è la media, SLV_NORM lo spettro normalizzato a quello di norma, quest'ultimo indicato con $SLV_NTC2018$.

5. Modellazione strutturale

5.1. Modello Ante Operam

Il modello di calcolo è stato sviluppato mediante il software per il calcolo strutturale SAP2000 (Fig. 7). Di

celerograms were generated with the help of REXEL software based on a disaggregation analysis. The procedure allows finding the significant signals due to the local magnitude and the epicentral distance, scaling them appropriately in order to guarantee the spectrum-compatibility, in the range of 0.1÷2.0 s periods, with the basic seismic hazard of the place of interest. In detail, this compatibility is verified with the elastic response spectrum (5% equivalent viscous damping coefficient α), so that the difference in the average of the spectral ordinates of the individual amplified signals is above 10% (lower limit) and below 30% (upper limit), throughout the range of the periods mentioned above. Subsequently, the accelerometric signals at the "bedrock" are amplified by the iterative procedure based on the hypothesis of a one-dimensional model of the terrain with linear visco-elastic behaviour, under free-field conditions and converted into response spectra, by means of the Fourier transform. The results are summarised in Fig. 6, where TH_i represents the i -eth spectral signal converted following the amplification procedure, SLV_Mean is the average, SLV_NORM the spectrum normalised to that of the norm, the latter indicated with $SLV_NTC2018$ (SLV Life Safety Limit State).

5. Structural modelling

5.1. Ante Operam Model

The calculation model was developed using SAP2000 structural calculation software (Fig. 7). Below is a brief description of the most important features:

- the beams and pillars are represented by "beam" elements with Euler – Bernoulli formulation, provided with plastic hinges concentrated at the two ends, differentiated

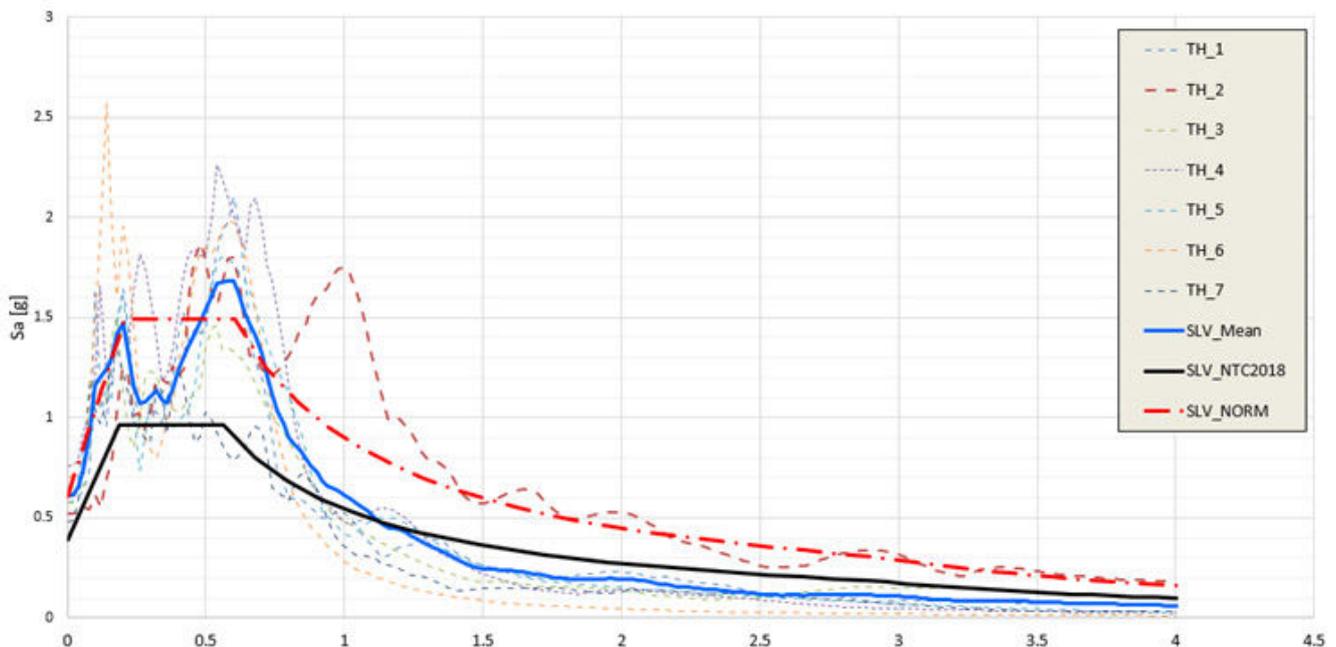


Figura 6 – Segnali spettrali derivanti dai 7 accelerogrammi amplificati e definizione dello spettro medio allo SLV.
 Figure 6 – Spectral signals from the 7 amplified accelerograms and definition of the mean spectrum at the SLV.

seguito viene fornita una breve descrizione delle caratteristiche più rilevanti:

- le travi e i pilastri sono rappresentati mediante elementi "beam" con formulazione alla Eulero – Bernoulli, dotati di cerniere plastiche concentrate alle due estremità, differenziate in ragione della sezione trasversale dell'elemento e delle barre di armatura presenti;
- il nucleo circolare che racchiude la chiesa, avente una dimensione sensibilmente maggiore rispetto agli altri nuclei e fondato sul solaio dell'impalcato di calpestio al piano terra, è modellato mediante un graticcio equivalente costituito da elementi beam orizzontali a massa nulla (in questo modo non si sovrastima il peso proprio valutato in automatico dal software) ed elementi beam verticali a cui è assegnata una cerniera plastica nella mezzeria in ragione dell'armatura presente lungo lo sviluppo di interesse. La Fig. 8 mostra a sinistra un dettaglio della modellazione siffatta;
- non essendo possibile ipotizzare un comportamento rigido degli impalcati a ciascun livello, in ragione delle molteplici irregolarità presenti quali fori nei solai, differenze di quota, concavità in pianta, si è optato per una modellazione degli orizzontamenti mediante elementi "truss" diagonali a comportamento lineare, la cui rigidezza estensionale è legata allo spessore della cappa dei solai latero-cementizi. In Fig. 8 è evidente la presenza di tali elementi nella modellazione degli im-

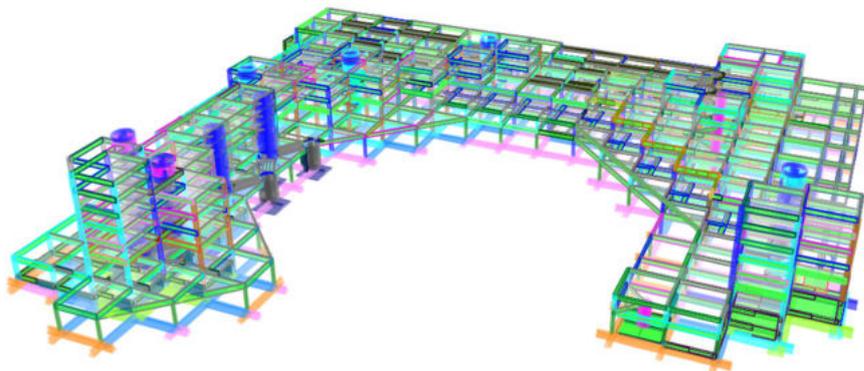


Figura 7 – Modello agli elementi finiti rappresentativo dell'Ante Operam.
Figure 7 – Representative finite elements model of Ante Operam.

by the cross section of the element and the existing reinforcement bars;

- the circular core that encloses the church, significantly larger in size than the other cores and based on the slab of the walkway deck on the ground floor, is modelled by an equivalent lattice consisting of horizontal beam elements with zero mass (in this way the weight automatically evaluated by the software is not overestimated) and vertical beam elements to which a plastic hinge is assigned in the middle because of the reinforcement present along the development of interest. Fig. 8 shows a detail of such modelling on the left;
- since a rigid behaviour of the decks at each level cannot be hypothesised, due to the existing multiple irregularities such as holes in the floors, differences in height, concavities in the plan, we opted for a modelling of the

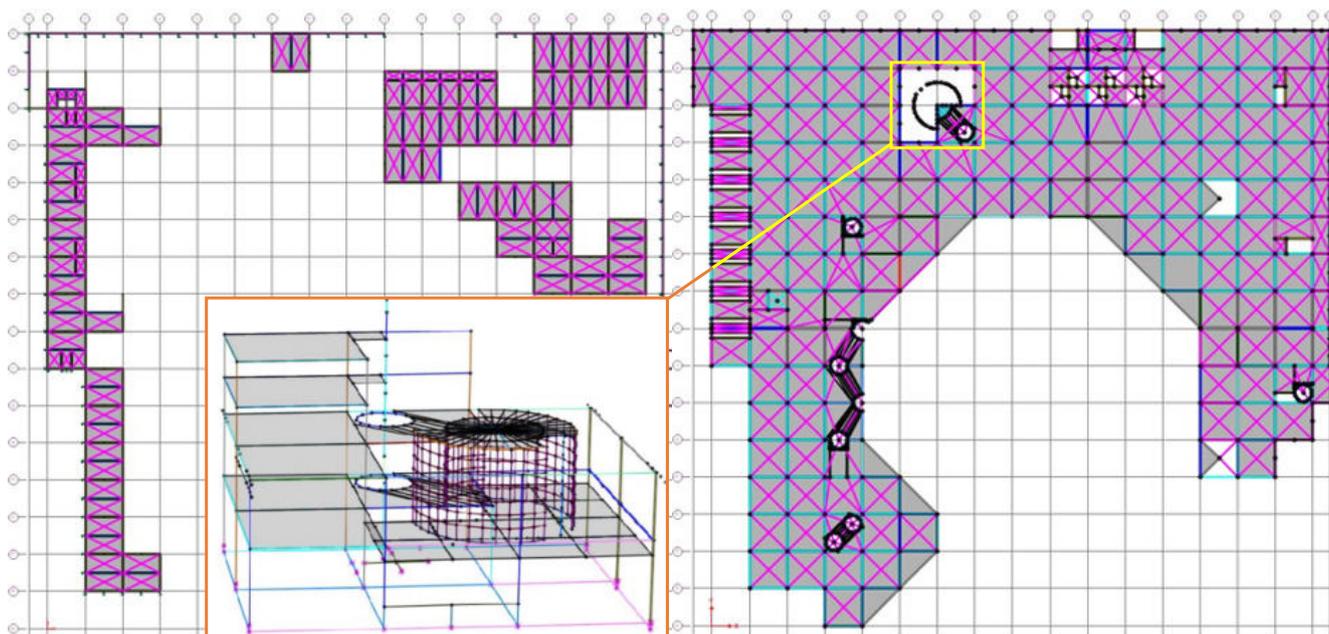


Figura 8 – Vista in pianta degli impalcati ai piani mezzanino (sinistra) e terra (destra) con dettaglio di modellazione del corpo chiesa.

Figure 8 – Plan view of the decks on the mezzanine (left) and ground floors (right) with church body modelling detail.

palcati mezzanino e di calpestio del piano terra (quota piazzale).

5.2. Modello Post Operam

Il modello Ante Operam è stato opportunamente modificato per riprodurre gli effetti degli interventi descritti al §2 e denominato, da qui in avanti, di Post Operam. Di seguito si esprime una sintesi delle modifiche apportate:

- inserimento di elementi “Nonlinear Link” rappresentativi dei dispositivi di isolamento, interposti tra i nodi dei frame dell’impalcato isolato e quelli dei pilastri in corrispondenza del taglio (Fig. 9). Il medesimo inserimento si esegue per i nuclei scala ed ascensore, ma in tal caso l’elemento è interposto tra il nodo delle travi di fondazione ed il nodo inferiore dell’elemento *column*;
- unione delle travi di giunto appartenenti all’impalcato isolato. Tale operazione si esegue eliminando i due *beam* ravvicinati e sostituendoli con un elemento unico a cui vanno assegnate le nuove proprietà geometriche e dei materiali previste in progetto. Alla nuova trave si assegnano inoltre le cerniere plastiche concentrate alle estremità;
- modifica delle proprietà e della geometria dei pilastri rinforzati della sottostruttura, i quali beneficiano di un intervento di incamiciatura in cemento armato. Allo stesso modo, in corrispondenza dei giunti, i due pilastri adiacenti, con sezione a T, vengono sostituiti da un elemento *beam* unico con sezione cruciforme. In entrambi i casi, la sezione trasversale “trasformata” è rappresentata nel dettaglio di Fig. 9 estratto dall’applicativo “Section Designer” del software SAP2000.

horizontal alignments by means of diagonal “truss” elements with linear behaviour, whose extensional stiffness is linked to the thickness of the brick and concrete capping slabs. Fig. 8 shows the presence of these elements in the modelling of the mezzanine and walkway decks of the ground floor (square height).

5.2. Post Operam Model

The Ante Operam model has been appropriately modified to reproduce the effects of the interventions described in §2 and hereinafter referred to as Post Operam. Below is a summary of the changes made:

- *introduction of “Nonlinear Link” elements representative of the isolation devices, interposed between the nodes of the frames of the isolated deck and those of the pillars at the cut (Fig. 9). The same insertion is carried out for the staircase and elevator cores, but in this case the element is interposed between the knot of the foundation beams and the lower knot of the column element;*
- *joining of the joint beams belonging to the isolated deck. This operation is carried out by eliminating the two close beams and replacing them with a single element to which the new geometric and material properties envisaged in the project must be assigned. The new beam is also assigned plastic hinges concentrated at the ends;*
- *modification of the properties and geometry of the reinforced pillars of the substructure, which benefit from a reinforced concrete casing intervention. In the same way, at the joints, the two adjacent pillars, with a T-section, are replaced by a single beam element with a cross-shaped section. In both cases, the “transformed” cross section is represented in detail in Fig. 9 extracted from the “Section Designer” application of the SAP2000 software.*

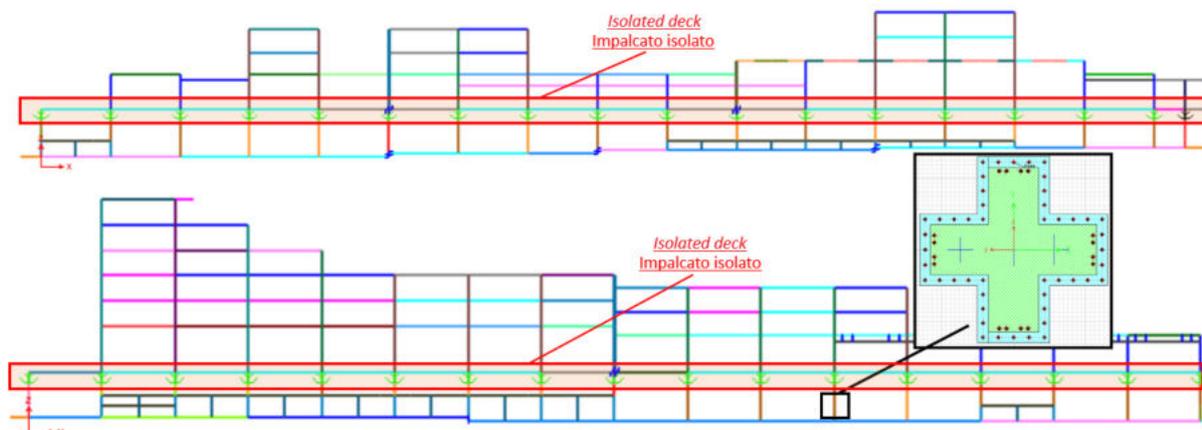


Figura 9 – Modello FEM Post Operam con evidenza dell’impalcato isolato e dettaglio di modellazione di un pilastro all’interno del “Section Designer” di SAP2000: telaio E (dir. X) in alto e telaio 4 (dir. Y) in basso.

Figure 9 – Post Operam FEM model with evidence of the isolated deck and detail of modelling of a pillar within the “Section Designer” of SAP2000: frame E (X direction) at the top and frame 4 (Y direction) at the bottom.

5.3. *Nonlinear Link* rappresentativi dei dispositivi di isolamento

Prima di passare alla descrizione dei risultati, è opportuno dettagliare le proprietà dei “*Nonlinear Link*” che simulano il comportamento dei dispositivi di isolamento. Il software SAP2000 prevede nella sua libreria un elemento dedicato definito “*friction isolator*”, per i cui dettagli si rimanda alla manualistica del software. In sintesi, sono presenti 2 finestre di interfaccia all’interno delle quali inserire i dati di ingresso: la prima riguarda le analisi di tipo lineare, dove è sufficiente inserire la rigidità secante k_e e lo smorzamento equivalente ξ_e , che derivano dalla procedura iterativa discussa nel seguito; nella seconda schermata si inseriscono le proprietà non lineari utili a definire il ciclo isteretico dell’elemento, quali: il raggio di curvatura R della superficie di scorrimento, i coefficienti di attrito massimo μ_{fast} e minimo μ_{slow} (trattati successivamente) e la rigidità iniziale, vale a dire quella che precede il distacco.

I parametri di ingresso sono ottenuti mediante una procedura di predimensionamento che si può suddividere in 5 step; è utile allo scopo osservare in Fig. 10 il legame tipico forza-spostamento e le relazioni che legano k_e e ξ_e allo spostamento X del dispositivo, attraverso il raggio di curvatura R della superficie di scorrimento e il coefficiente di attrito medio μ .

Step 1: scelta di R e di μ . Nell’ipotesi di sistema *Single Degree of Freedom* (SDOF), fissata l’accelerazione massima allo SLV da “filtrare” alla sovrastruttura attraverso l’interfaccia degli isolatori, è possibile determinare il periodo di isolamento minimo T_{is} e lo spostamento massimo di progetto d_{SLC} . Noti questi valori, sfruttando le relazioni di Fig. 10, si determinano R e μ ; la procedura è iterativa, vista la dipendenza di k_e e di ξ_e (quest’ultimo agisce attraverso la modifica dello spettro di risposta) dallo spostamento del sistema. In Fig. 11 si mostrano i risultati ottenuti alla fine della procedura a partire dall’accelerazione obiettivo fissata in 0.07g, da cui emerge la scelta di isolatori a doppia superficie di scorrimento caratterizzati da: $R=3700$ mm; $\mu=4\%$.

Step 2: definizione delle tipologie e distribuzione in pianta. Si determina, per l’ i -esimo isolatore, lo sforzo normale N_i nelle condizioni di esercizio (combinazione quasi permanente dei carichi) mediante un’analisi statica preliminare in SAP2000. L’attività è finalizzata alla valutazione del coefficiente di attrito dinamico $\mu_{fast,i}$ del singolo dispositivo in ragione della

5.3. *Nonlinear Link* representative of the isolation devices

Before going on to the description of the results, it is worthwhile detailing the properties of the “*Nonlinear Links*” that simulate the behaviour of the isolation devices. The SAP2000 software includes a dedicated element in its library called “*friction isolator*”, for details please refer to the software manuals. In summary, there are 2 interface windows within which to enter the input data: the first concerns linear analyses, where it is sufficient to enter the secant stiffness k_e and the equivalent damping ξ_e , which derive from the iterative procedure discussed below; in the second screen the non-linear properties useful to define the hysteretic cycle of the element are introduced, such as: the radius of curvature R of the sliding surface, the maximum μ_{fast} and minimum μ_{slow} friction coefficients (discussed later) and the initial stiffness, i.e. the one preceding the detachment.

The input parameters are obtained by means of a pre-dimensioning procedure that can be divided into 5 steps; it is useful for the purpose of observing the typical force-displacement relationship in Fig. 10 and the relationships that bind k_e and ξ_e to the X displacement of the device, through the

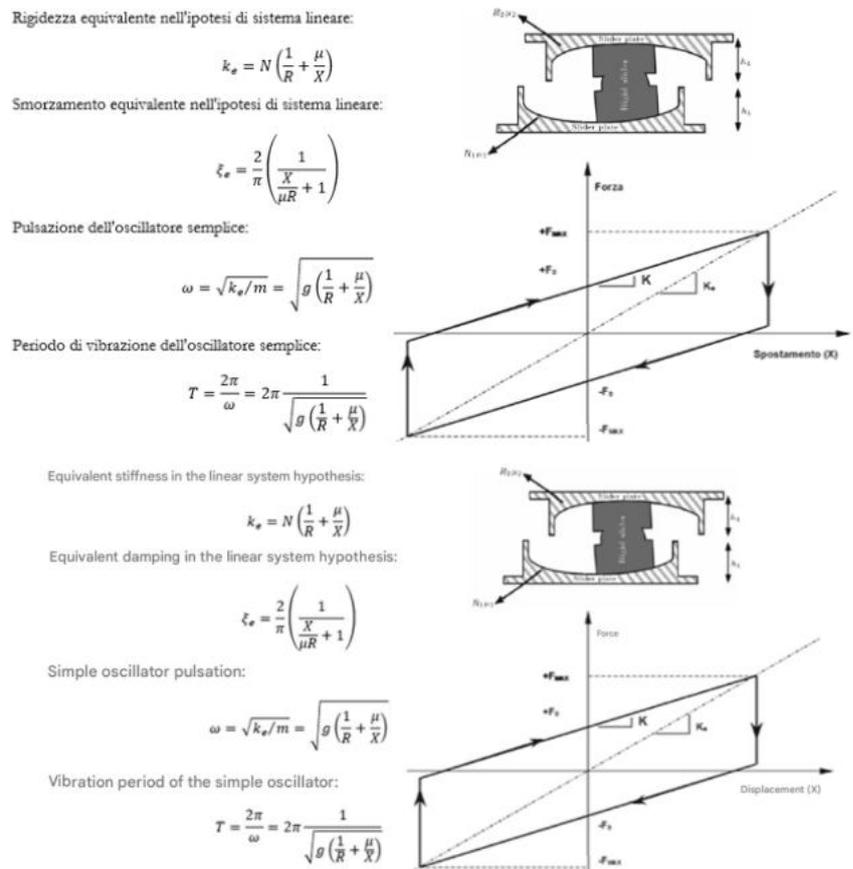


Figura 10 – Diagramma teorico forza-spostamento di un isolatore a scorrimento a doppia superficie curva.
 Figure 10 – Theoretical force-displacement diagram of a double curved surface sliding isolator.

PGA	F ₀	T _B	T _C	T _D	S _S	S _T	ξ _{sis}	η _{eq}	q	STATO LIMITE LIMIT STATE	ξ _{str}	T _C *	CATEGORIA DI SUOLO SOIL CATEGORY
-	-	[s]	[s]	[s]	-	-	[%]	-	-	-	[%]	[s]	
0.321	2.449	0.18784	0.56352	2.884	1.228	1	21.66	0.612449	1.5	SLV	5	0.395	C
0.423	2.489	0.198214	0.594643	3.292	1.068	1	21.66	0.612449	1.5	SLC	5	0.428	

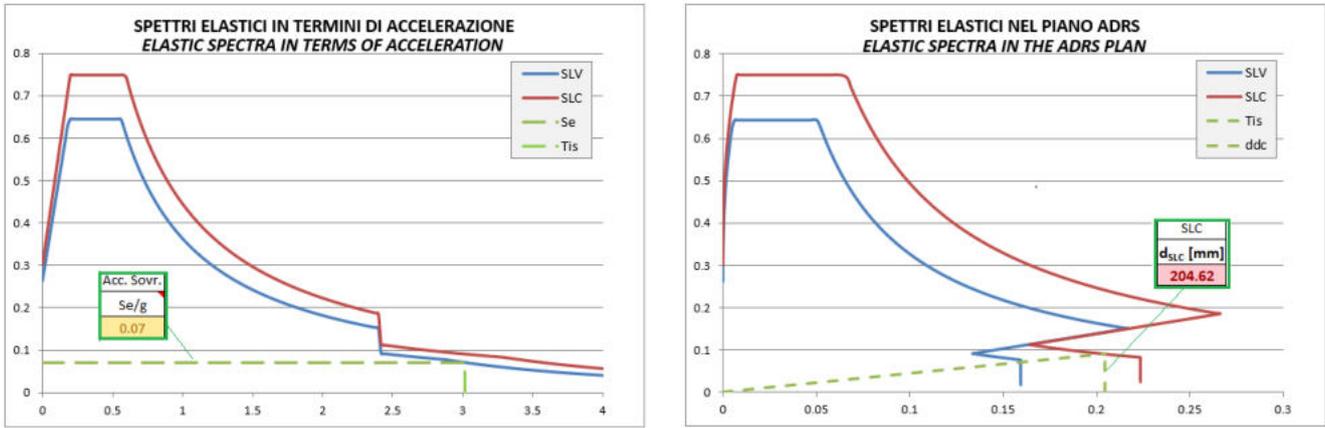


Figura 11 – Predimensionamento sistema isolato: determinazione periodo minimo e spostamento allo SLC del sistema di isolamento per ξ=21% e Se/g = 0.07.

Figure 11 – Pre-dimensioning of the isolated system: determination of the minimum period and displacement to the SLC of the isolation system for ξ=21% and Se/g =0.07.

sua dipendenza dal rapporto $N_i/N_{max, sis}$, essendo quest'ultimo lo sforzo assiale massimo sopportabile in presenza di azioni orizzontali. Sia $N_{max, sis}$ che la legge di variazione di μ_{fast} sono forniti dal produttore dell'appoggio e ne caratterizzano le dimensioni in pianta e in altezza; un andamento tipico è mostrato nell'immagine a sinistra di Fig. 12.

Nel caso specifico di sistema complesso, caratterizzato da una elevata variabilità dello sforzo normale nei pilastri, non si può associare ad uno o pochi valori di N_i una tipologia differente di isolatore, poiché antieconomico; si perviene quindi ad una soluzione ottimizzata, caratterizzata dalla scelta di n.5 tipologie denominate FP1, FP..., FP5, la cui distribuzione in pianta (Fig. 13) deve essere tale da rispettare la compatibilità di $N_{max, sis}$ e μ con i valori di N_i e $\mu_{fast, i}$. Inoltre, fissando in prima analisi lo spostamento di ogni isolatore costante e pari al valore di progetto, è possibile determinare per l'i-esimo elemento la rigidità $k_{e, i}$, quindi controllare che la sommatoria sia tale da non superare il valore globale k_e (legato a T_{is}) determinato allo step n.1.

Step 3: verifica degli spostamenti. Si valutano gli spostamenti massimi di ciascun isolatore tenendo conto della distribuzione in pianta di Fig. 13, controllando che siano al di sotto della soglia di progetto. Il metodo di calcolo si basa sull'ipotesi di impalcato rigido e proiezione dei centri di massa dei piani superiori sull'impalcato da isolare; rispetto allo spostamento d_{SLC} del sistema SDOF valutato al punto 1, bisogna tenere conto degli effetti torsionali mediante l'introduzione dei fattori amplificativi nelle due direzioni ortogonali δx_i e δy_i , le cui espressioni numeriche sono indicate al §7.10.5.3.1 delle NTC18:

radius of curvature R of the sliding surface and the average friction coefficient μ .

Step 1: choice of R and μ . In the case of a Single Degree of Freedom (SDOF) system, setting the maximum acceleration at the SLV to be "filtered" at the superstructure through the isolators interface, the minimum isolation period T_{is} and the maximum d_{SLC} project displacement can be determined. Knowing these values, exploiting the relationships of Fig. 10, R and μ are determined; the procedure is repeated, given the dependence of k_e and ξ_e (the latter acts through the modification of the response spectrum) on the displacement of the system. Fig. 11 shows the results obtained at the end of the procedure starting from the target acceleration set at 0.07g, from which the choice of double sliding surface isolators emerges characterised by: $R=3700$ mm; $\mu=4\%$.

Step 2: definition of the types and distribution in the plan. The normal stress N_i under the operating conditions (quasi-permanent combination of loads) is determined for the i-eth isolator by a preliminary static analysis in SAP2000. The activity is aimed at evaluating the dynamic friction coefficient $\mu_{fast, i}$ of the individual device due to its dependence on the $N_i/N_{max, sis}$ ratio, the latter being the maximum axial stress tolerable in the presence of horizontal actions. Both $N_{max, sis}$ and the law of variation of μ_{fast} are provided by the manufacturer of the support and characterise its dimensions in plan and height; a typical trend is shown in the image on the left of Fig. 12.

In the specific case of a complex system, characterised by a high variability of the normal stress in the pillars, one or a few N_i values cannot be associated with a different type of isolator, as it is uneconomic; an optimised solution is therefore achieved, characterised by the choice of 5 types called FP1, FP..., FP5, whose distribution in plan (Fig. 13) must be

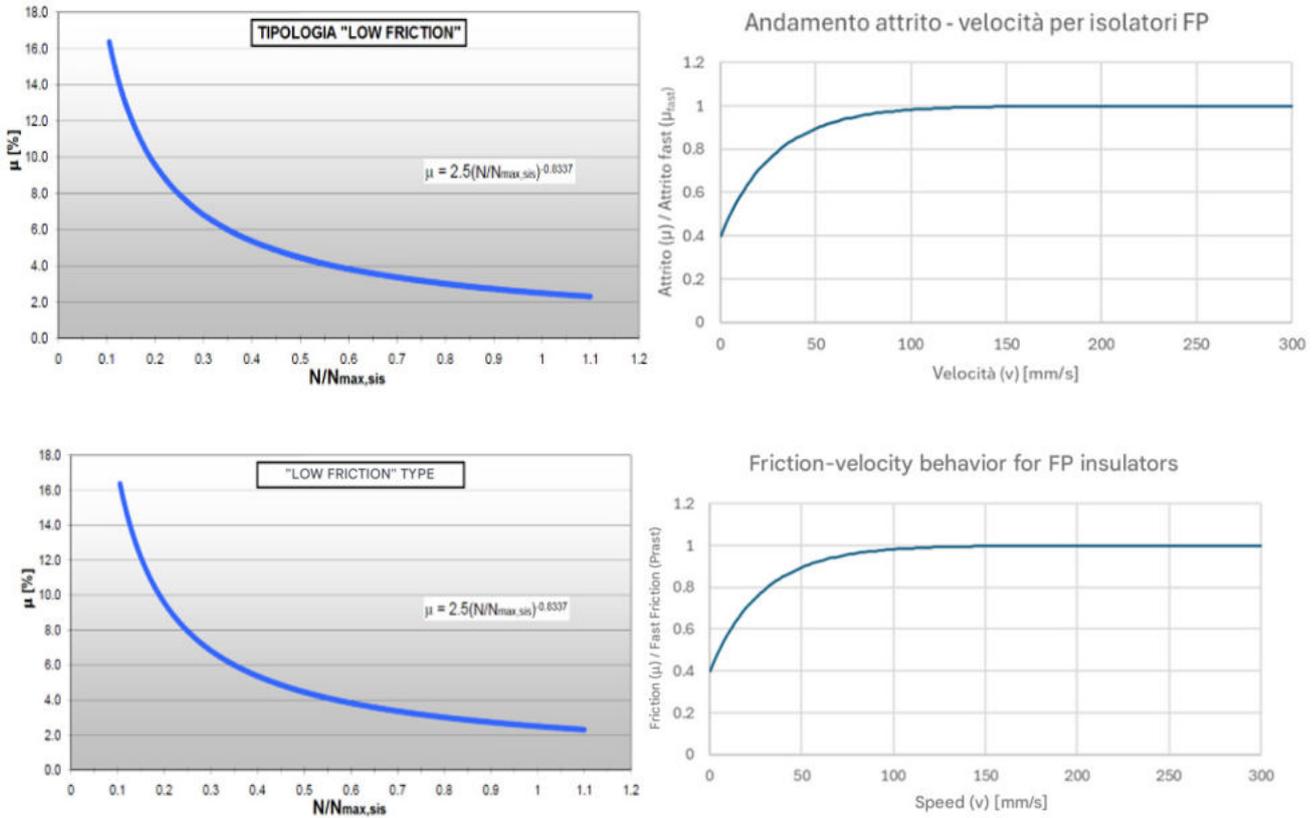


Figura 12 – Dipendenza del coefficiente di attrito: dal carico verticale di esercizio (sinistra) e dalla velocità di scorrimento (destra).

Figure 12 – Dependence of the friction coefficient: on the vertical operating load (left) and on the sliding speed (right).

$$\delta_{xi} = 1 + \frac{e_{tot,y}}{r_y^2} y \quad \delta_{yi} = 1 + \frac{e_{tot,x}}{r_x^2} x_i$$

dove: xi, yi sono le coordinate del dispositivo rispetto al centro di rigidezza; e_{totx, y} è l'eccentricità totale nella direzione x, y, inclusa quella accidentale; r_{x, y} sono le componenti del raggio torsionale del sistema di isolamento, date dalle espressioni:

$$r_x^2 = \sum (x_i^2 K_{yi} + y_i^2 K_{xi}) \sum K_{yi} \quad r_y^2 = \sum (x_i^2 K_{xi} + y_i^2 K_{yi}) \sum K_{xi}$$

Lo spostamento massimo dell'isolatore i-esimo è ottenuto mediante l'espressione sotto riportata, che contempla la combinazione degli effetti indicata dalle NTC2018 per le analisi spettrali (regola del 100% sisma prevalente + 30% sisma ortogonale):

$$d_i = \max \left(\sqrt{(d_{dc} \cdot \delta_{xi})^2 + (0.3 \cdot d_{dc} \cdot \delta_{yi})^2} ; \sqrt{(0.3 \cdot d_{dc} \cdot \delta_{xi})^2 + (d_{dc} \cdot \delta_{yi})^2} \right)$$

In Fig. 13 è rappresentata la soluzione finale ottenuta a seguito della procedura iterativa, dove ad ogni iterazione bisogna correggere le rigidità k_{e,i} e gli smorzamenti ξ_{e,i} in

such as to respect the compatibility of N_{max, sis} and μ with the values of N_i and μ_{fast, i}. Furthermore, by fixing the displacement of each isolator constant and equal to the design value, in the first analysis, we can determine the stiffness k_{e, i} for the i-eth element, then check that the sum is such as not to exceed the overall value k_e (linked to T_{is}) determined in step 1.

Step 3: verification of movements. The maximum displacements of each isolator are evaluated taking into account the layout of Fig. 13, checking that they are below the design threshold. The calculation method is based on the assumption of a rigid deck and projection of the centres of mass of the upper floors on the deck to be isolated; with respect to the d_{SLC} displacement of the SDOF system evaluated in point 1, the torsional effects must be taken into account by introducing the amplifying factors in the two orthogonal directions δxi and δyi, whose numerical expressions are indicated in § 7.10.5.3.1 of the NTC18s:

$$\delta_{xi} = 1 + \frac{e_{tot,y}}{r_y^2} y \quad \delta_{yi} = 1 + \frac{e_{tot,x}}{r_x^2} x_i$$

where: xi, yi are the coordinates of the device with respect to the centre of rigidity; e_{totx, y} is the total eccentricity in the x, y direction, including the accidental one; r_{x, y} are the components of the torsional radius of the isolation system, given by the expressions:

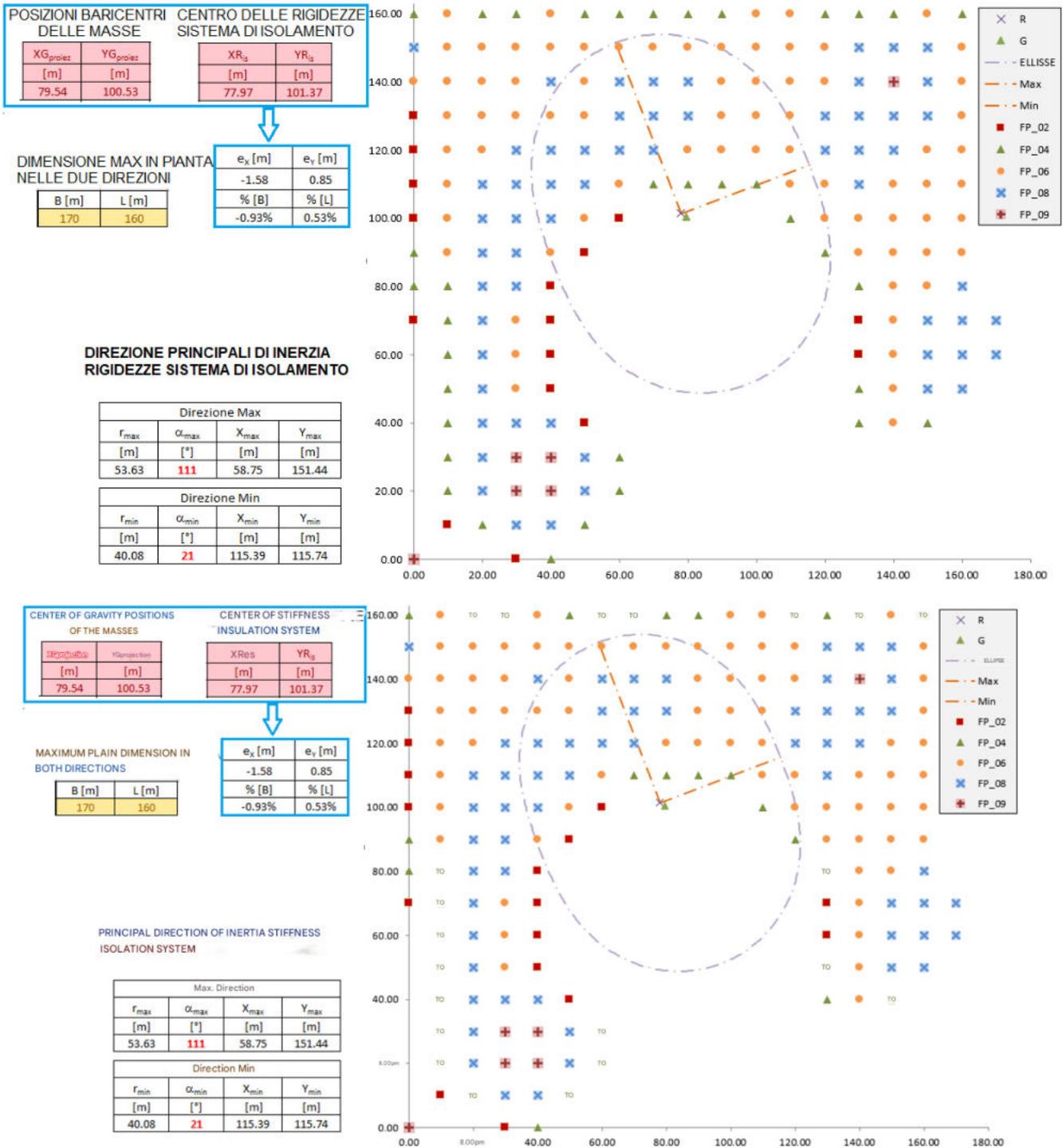


Figura 13 – Disposizione in pianta delle tipologie dei dispositivi di isolamento ottenuta dal predimensionamento con sovrapposizione del centro delle rigidezze e dell'ellisse centrale d'inertzia.

Figure 13 – Plan layout of the types of isolation devices obtained from the pre-dimensioning with superposition of the centre of the stiffnesses and the central ellipse of inertia.

funzione degli spostamenti ottenuti al passo precedente. L'immagine, oltre a mostrare la disposizione in pianta delle 5 tipologie adottate, evidenzia la pressoché coincidenza tra baricentro delle rigidezze e centro delle masse (come ci

$$r_x^2 = \frac{\sum (x_i^2 K_{yi} + y_i^2 K_{xi})}{\sum K_{yi}} \quad r_y^2 = \frac{\sum (x_i^2 K_{yi} + y_i^2 K_{xi})}{\sum K_{xi}}$$

The maximum displacement of the i-th isolator is obtained by the expression below, which contemplates the

si attendeva) ed individua gli assi centrali di inerzia, le cui direzioni sono quelle x e y di interesse.

Step 4: definizione del coefficiente di attrito μ_{slow} . Per tenere conto della variabilità del coefficiente di attrito dalla velocità di scorrimento d, il software richiede l’inserimento del coefficiente di minimo μ_{slow} e del parametro r dipendente dalle superfici a contatto, secondo l’espressione numerica:

$$\mu = \mu_{fast} + (\mu_{fast} - \mu_{slow})e^{rd}$$

In Fig. 12, immagine a destra, è riportato il grafico ottenuto nel caso di interesse, in genere fornito dai produttori, che mostra come soltanto al di sopra dei 150 mm/s l’attrito rimane costante, mentre durante le fasi di primo distacco o di inversione del moto, si registra una sensibile riduzione.

Step 5: variabilità nel tempo dell’attrito. Le NTC2018 indicano in maniera esplicita di tener conto della variabilità nel tempo dei parametri che influenzano maggiormente la risposta dei dispositivi; nel caso dei “friction pendulum” è indubbio che ci si riferisca all’attrito tra le due superfici a contatto. Bisogna quindi individuare due valori di soglia, massimo e minimo, denominati dalle norme internazionali rispettivamente *Upper Bound Design Properties* (UBDP) e *Lower Bound Design Properties* (LBDP). L’Eurocodice 8 - Parte 2 [5], all’Appendice J, fornisce un metodo per la stima dell’UBDP a partire dal valore nominale DP_{nom} :

$$UBDP = \max DP_{nom} \lambda_{U,f1} \cdot \lambda_{U,f2} \dots \lambda_{U,fi}$$

dove:

$$\lambda_{U,fi} = 1 + (\lambda_{max,fi} - 1)\psi_{fi}$$

$\psi_{fi} = 0,7$ è il coefficiente che tiene conto della simultaneità delle condizioni di variabilità degli isolatori.

In Fig. 14 sono riportati i coefficienti indicati nell’appendice J delle UNI EN 15129 [6] e riguardano i 4 fattori che influenzano maggiormente la tipologia di dispositivi prescelta, vale a dire: f_1 : coefficiente di invecchiamento; f_2 : coefficiente di temperatura; f_3 : coefficiente di contaminazione; f_4 : coefficiente di variabilità della fornitura.

L’applicazione delle espressioni precedenti porta a concludere che i valori nominali, desunti dalla procedura di predimensionamento, devono essere incrementati/ridotti mediante l’applicazione delle seguenti percentuali: UBDP: +40%; LBDP: -20%. Ai fini delle analisi, i valori in UBDP sono utilizzati per massimizzare gli effetti sulla sovrastruttura, mentre le condizioni più severe per gli scorrimenti dei dispositivi si ottengono con le proprietà in LBDP.

6. Risultati significativi delle analisi Post Operam

Al fine di valutare se l’edificio nella configurazione Post Operam è in grado di resistere alle azioni sismiche di progetto, sono state condotte tutte le verifiche imposte dalla normativa vigente, oltre ad una serie di controlli utili a valutare l’efficacia degli interventi proposti. Nel seguito si

Coefficienti di variabilità per dispositivi di isolamento sismico		
Valore Upper Bound	Coefficiente	Valore Lower Bound
1.1	f_1	1
1.1	f_2	0.8
1.1	f_3	1
1.2	f_4	0.8

Variability coefficients for seismic isolation devices		
Upper Bound Value	Coefficient	Valore Lower Bound
1.1	f_1	1
1.1	f_2	0.8
1.1	f_3	1
1.2	f_4	0.8

Figura 14 – Coefficienti di variabilità adottati per l’attrito dei dispositivi “friction pendulum”.

Figure 14 – Coefficients of variability adopted for the friction of “friction pendulum” devices.

combination of the effects indicated by the NTC2018 for spectral analyses (rule of 100% prevailing earthquake + 30% orthogonal earthquake):

$$d_i = \max \left(\sqrt{(d_{dc} \cdot \delta_{xi})^2 + (0.3 \cdot d_{dc} \cdot \delta_{yi})^2} ; \sqrt{(0.3 \cdot d_{dc} \cdot \delta_{xi})^2 + (d_{dc} \cdot \delta_{yi})^2} \right)$$

Fig. 13 shows the final solution obtained following the iterative procedure, where at each iteration the stiffnesses $k_{e,i}$ and the damping $\xi_{e,i}$ must be corrected as a function of the displacements obtained in the previous step. The image highlights the almost coincidence between the centre of gravity of the stiffnesses and the centre of the masses (as expected), in addition to showing the layout of the 5 types adopted, and identifies the central axes of inertia, whose directions are those x and y of interest.

Step 4: definition of the coefficient of friction μ_{slow} . To take into account the variability of the friction coefficient from the sliding speed, the software requires the input of the minimum μ_{slow} coefficient and the parameter r dependent on the contact surfaces, according to the numerical expression.

$$\mu = \mu_{fast} + (\mu_{fast} - \mu_{slow})e^{rd}$$

Fig. 12, image on the right, shows the graph obtained in the case of interest, generally provided by the manufacturers, which shows that the friction remains constant only above 150 mm/s, while during the phases of first detachment or reversal of motion, there is a significant reduction.

Step 5: variability in friction time. The NTC2018s explicitly indicate to take into account the variability over time of the parameters that most influence the response of the devices; in the case of “friction pendulum” there is no doubt that it refers to the friction between the two surfaces in contact. It is therefore necessary to identify two threshold values, maximum and minimum, named by international standards respectively *Upper Bound Design Properties* (UBDP) and *Low*

mostrano i principali risultati ottenuti, da cui è possibile apprezzare i benefici ottenuti con la tecnica dell'isolamento.

6.1. Il bilancio energetico come strumento preliminare di verifica

Un utile elemento di controllo, sia in termini di validità delle analisi time history eseguite che in termini di efficacia dell'intervento di retrofit, è rappresentato dalla lettura dei diversi contributi energetici presenti durante il moto. Prima di procedere alla discussione dei risultati, è opportuno riportare le equazioni del moto, con riferimento ad un sistema SDOF elastico:

$$m\ddot{u} + c\dot{x} + kx = -m\ddot{u}_g$$

essendo:

- u lo spostamento assoluto nella direzione del moto;
- u_g lo spostamento assoluto del suolo;
- c lo smorzamento viscoso;
- $x=u-u_g$ lo spostamento relativo del sistema strutturale rispetto al suolo;
- m e k rispettivamente la massa e la rigidità laterale del sistema SDOF.

Moltiplicando entrambi i termini dell'equazione per l'infinitesimo dt e integrando, si perviene, attraverso passaggi matematici omissi per brevità, al bilancio energetico, secondo cui, a ogni istante di tempo, l'energia sismica in ingresso E_I , deve essere eguagliata dalle altre forme energetiche presenti, che nel caso di sistema elasto-plastico si trasforma in:

$$E_I = E_k + E_d + (E_p + E_H)$$

dove:

- $E_I = -\int_0^t m\ddot{u}_g \dot{u} dt$ è l'energia in ingresso;
- $E_k = \frac{1}{2} m\dot{u}^2$ è l'energia cinetica legata al prodotto della massa del sistema per la velocità assoluta;
- $E_d = \int_0^t c\dot{x}^2 dt$ è l'energia viscosa. Poiché sia il coefficiente c che il quadrato della velocità sono termini positivi, è evidente che tale tipo di energia si accumula nel tempo; pertanto, non può che crescere durante il moto e rappresenta la dissipazione legata ai fenomeni viscosi;
- $E_p = \frac{1}{2} kx^2$ è l'energia elastica del sistema o energia potenziale, che viene accumulata o rilasciata durante il moto;
- E_H rappresenta l'ulteriore termine che nasce qualora il sistema da elastico diventi elasto-plastico. In tal caso, E_p si scompone in due aliquote, con l'aggiunta dell'energia dissipata per isteresi, anche questa sempre positiva e pertanto crescente nel tempo.

L'espressione energetica fornisce una lettura alternativa utile per la scelta degli interventi. In effetti, il moto del sistema e quindi l'espressione dello stato di sforzo a cui

er Bound Design Properties (LBDP). Eurocode 8 - Part 2 [5], in Appendix J, provides a method for estimating the UBDP starting from the nominal value DP_{nom} :

$$UBDP = \max DP_{nom} \lambda_{U,f1} \cdot \lambda_{U,f2} \dots \lambda_{U,fi}$$

where:

$$\lambda_{U,fi} = 1 + (\lambda_{max,fi} - 1)\psi_{fi}$$

$\psi_{fi} = 0.7$ is the coefficient that takes into account the simultaneity of the variability conditions of the isolators.

Fig. 14 shows the coefficients indicated in Appendix J of UNI EN 15129 [6] and concern the 4 factors that most influence the type of devices chosen namely: f_1 : aging coefficient; f_2 : temperature coefficient; f_3 : contamination coefficient; f_4 : supply variability coefficient.

The application of the previous expressions leads to the conclusion that the nominal values, derived from the pre-dimensioning procedure, must be increased/reduced by applying the following percentages: UBDP: +40%; LBDP: -20%. For the purposes of the analyses, the values in UBDP are used to maximise the effects on the superstructure, while the most severe conditions for the sliding of the devices are obtained with the properties in LBDP.

6. Important Post Operam analyses results

All the checks imposed by current legislation have been carried out in order to evaluate whether the building in the Post Operam configuration is able to withstand the seismic actions of the project, as well as a number of checks useful to evaluate the effectiveness of the proposed interventions. The main results obtained are shown below, from which the benefits obtained with the isolation technique can be appreciated.

6.1. The energy balance as a preliminary verification tool

A useful control element is represented by the reading of the different energy contributions present during the motion, both in terms of the validity of the time history analyses performed and in terms of the effectiveness of the retrofit intervention. Before proceeding to the discussion of the results, it is worthwhile reporting the equations of motion, with reference to an elastic SDOF system:

$$m\ddot{u} + c\dot{x} + kx = -m\ddot{u}_g$$

where:

- u is the absolute displacement in the direction of motion;
- u_g is the absolute displacement of the soil;
- c is the viscous damping;
- $x=u-u_g$ is the relative displacement of the structural system with respect to the ground;
- m and k are respectively the mass and lateral stiffness of the SDOF system.

Multiplying both terms of the equation by the infinites-

è sottoposto, è rappresentato principalmente dall'energia cinetica; a parità di energia in ingresso, al fine di ridurre il termine E_k si può agire incrementando E_d (inserimento di dissipatori fluido-viscosi) o, come nel caso in esame, il termine E_H attraverso l'inserimento di appositi elementi dotati di cicli di isteresi ampi e stabili.

Il software è in grado di valutare, mediante integrazione numerica al passo, i contributi energetici esposti. A titolo di esempio, in Fig. 15 si riporta la risposta energetica riferita all'analisi denominata TH1, di durata 70 s. La lettura del grafico porta alle seguenti considerazioni:

- il termine "Input" rappresenta tutta l'energia in ingresso nel sistema;
- il termine "Potential" rappresenta l'energia potenziale;
- l'energia cinetica ("Kinetic"), rappresentata con colorazione arancione, è prevalente nella parte iniziale del moto, quando le accelerazioni in ingresso sono ancora modeste e il sistema di isolamento non si è attivato o si è attivato solo in parte; successivamente si riduce sensibilmente al crescere del contributo energetico dissipativo illustrato nei punti successivi;
- il termine indicato con "Error", vale a dire la sommatoria algebrica di tutte le forme energetiche, è sempre prossimo allo zero, segno che le analisi numeriche convergono e l'equilibrio energetico è rispettato a ogni istante di tempo;

imal dt and integrating the energy balance, through mathematical steps omitted for brevity, according to which, at each moment of time, the incoming seismic energy E_i must be equalled by the other existing energy forms, which in the case of an elastoplastic system is transformed into:

where:

$$E_i = E_k + E_d + (E_p + E_H)$$

- $E_i = -\int_0^t m\ddot{u}_g \dot{u} dt$ is the input energy;
- $E_k = \frac{1}{2} m \dot{u}^2$ is the kinetic energy linked to the product of the mass of the system times the absolute speed;
- $E_d = \int_0^t c \dot{x}^2 dt$ is the viscous energy. Since both coefficient c and the square of the speed are positive terms, it is evident that this type of energy accumulates over time; therefore, it can only grow during motion and represents the dissipation linked to viscous phenomena;
- $E_p = \frac{1}{2} k x^2$ is the elastic energy of the system or potential energy, which is accumulated or released during motion;
- E_H represents the further term that arises if the elastic system becomes elastic-plastic. In this case, E_p is broken down into two rates, with the addition of the energy dissipated by hysteresis, which is also always positive and therefore increasing over time.

The energetic expression provides an alternative reading useful for the choice of interventions. In fact, the motion of the system and therefore the expression of the condition of stress to which it is subjected, is mainly represented by ki-

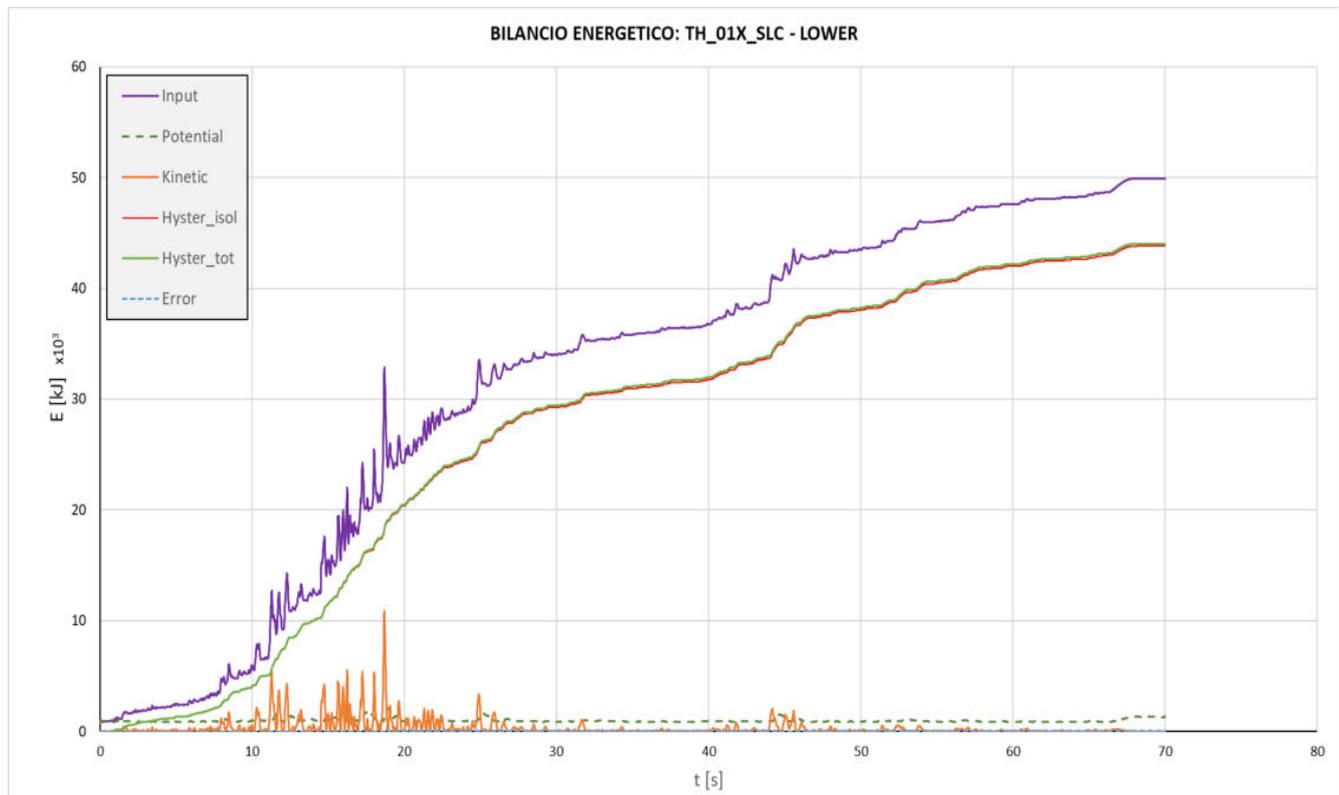


Figura 15 – Andamento temporale delle varie forme energetiche nella TH1 in direzione x allo SLC in Lower Bound.
 Figure 15 – Time trend of the various energy forms in TH1 in the x direction at the SLC in Lower Bound.

- l'energia isteretica totale ("Hyster_tot"), rappresentata con colorazione verde, segue da vicino l'andamento dell'energia in ingresso, segno dell'efficacia dei dispositivi adottati. In effetti, tale energia comprende tutte le dissipazioni isteretiche presenti all'interno del software, comprese quelle legate alla formazione delle cerniere plastiche in travi e pilastri. Al fine di comprendere quale sia il contributo preponderante, sono state eseguite nuove analisi, questa volta mantenendo sia la sovrastruttura che la sottostruttura in campo elastico, ottenendo il contributo legato ai soli "friction pendulum", rappresentato in grafico con colorazione rossa ("Hyster_isol"). Poiché i due andamenti sono pressoché coincidenti, significa che la quasi totalità dell'energia dissipata per isteresi è dovuta agli isolatori, a riprova del fatto che il sistema strutturale resta essenzialmente in campo elastico.

6.2. Controllo degli spostamenti sismici differenziali sovrastruttura – sottostruttura

In merito ai sistemi isolati alla base, le NTC18 [4] al §7.10.4.3 richiedono un requisito di rigidità al sistema delle sottostrutture qualora non sia presente un orizzontamento rigido al di sotto dei dispositivi. Tale requisito consiste nel verificare che il massimo spostamento del generico pilastro al di sotto dell'isolatore sia inferiore a 1/20 dello spostamento massimo subito dall'isolatore stesso durante il moto.

Nel caso in esame, la condizione maggiormente severa si ha per il pilastro il cui dispositivo di isolamento registra spostamenti più contenuti (in questo modo il limite si abbassa). Nel grafico di Fig. 16, con linea leggera tratteggiata è indicato lo spostamento temporale dell'isolatore in questione, il cui massimo fornisce la soglia di 1/20 (circa 2.5 mm) mostrata con linee orizzontali in grassetto sia per spostamenti positivi che negativi; poiché lo spostamento del pilastro opportunamente rinforzato, rappresentato nel grafico suddetto con oscillazioni di colorazione blu, oscilla nel range 1.0 ÷ 1.2 mm, la verifica è da ritenersi abbondantemente soddisfatta:

$$d_{pil,max} = 1.2mm < \frac{1}{20d_{is,max}} = 2.5 mm$$

6.3. Verifica degli isolatori in termini di forze e spostamenti allo SLC

Le verifiche dei dispositivi di isolamento allo stato limite di collasso consistono nel controllo dei seguenti aspetti:

- si verifica che il massimo spostamento all'interno del ciclo di isteresi di ogni isolatore sia inferiore allo spostamento di progetto (±300 mm). A titolo esemplificativo, si riporta in Fig. 17 una delle risposte ottenute, che evidenziano un comportamento compatibile con il legame teorico mostrato in Fig. 10. In più, è possibile notare la presenza di picchi ad ogni inversione del moto, che derivano dalla variabilità del coefficiente di attrito con la velocità di scorrimento;

netic energy; with the same input energy, in order to reduce the term E_k , it is possible to act by increasing E_d (introduction of fluid-viscous dampers) or, as in the case in question, the term E_H through the introduction of special elements provided with large and stable hysteresis cycles.

The software can evaluate the exposed energy contributions, by means of numerical integration. By way of example, Fig. 15 shows the energy response referred to the analysis called TH1, lasting 70 s. Reading the graph leads to the following considerations:

- the term "Input" represents all the energy input into the system;
- the term "Potential" represents potential energy;
- the kinetic energy ("Kinetic"), represented with orange colouring, is prevailing in the initial part of the motion, when the incoming accelerations are still modest and the isolation system has not been activated or has been activated only partially; subsequently it is significantly reduced as the dissipative energy contribution illustrated in the following points increases;
- the term indicated with "Error", i.e. the algebraic sum of all energy forms, is always close to zero, an indication that the numerical analyses converge and the energy balance is respected at all times;
- the total hysteretic energy ("Hyster_tot"), represented with green colouring, closely follows the trend of the incoming energy, an indication of the effectiveness of the devices adopted. In fact, this energy includes all the hysteretic dissipations present within the software, including those related to the formation of plastic hinges in beams and pillars. In order to understand what the predominant contribution is, new analyses were carried out, this time maintaining both the superstructure and the substructure in the elastic field, obtaining the contribution linked to the "friction pendulum" alone, represented in a graph with red colour ("Hyster_isol"). Since the two trends are almost coinciding, it means that almost all the energy dissipated by hysteresis is due to the isolators, proving that the structural system remains essentially in the elastic field.

6.2. Control of differential seismic displacements of superstructure – substructure

Regarding the isolated systems at the base, the NTC18s [4] in § 7.10.4.3 require a rigidity requirement to the substructure system if there is no rigid horizontal alignment below the devices. This requirement consists of verifying that the maximum displacement of the generic pillar below the isolator is less than 1/20 of the maximum displacement suffered by the isolator itself during motion.

In the case in question, the most severe condition is for the pillar whose isolation device registers smaller displacements (in this way the limit is lowered). The temporal displacement of the isolator in question is indicated with a

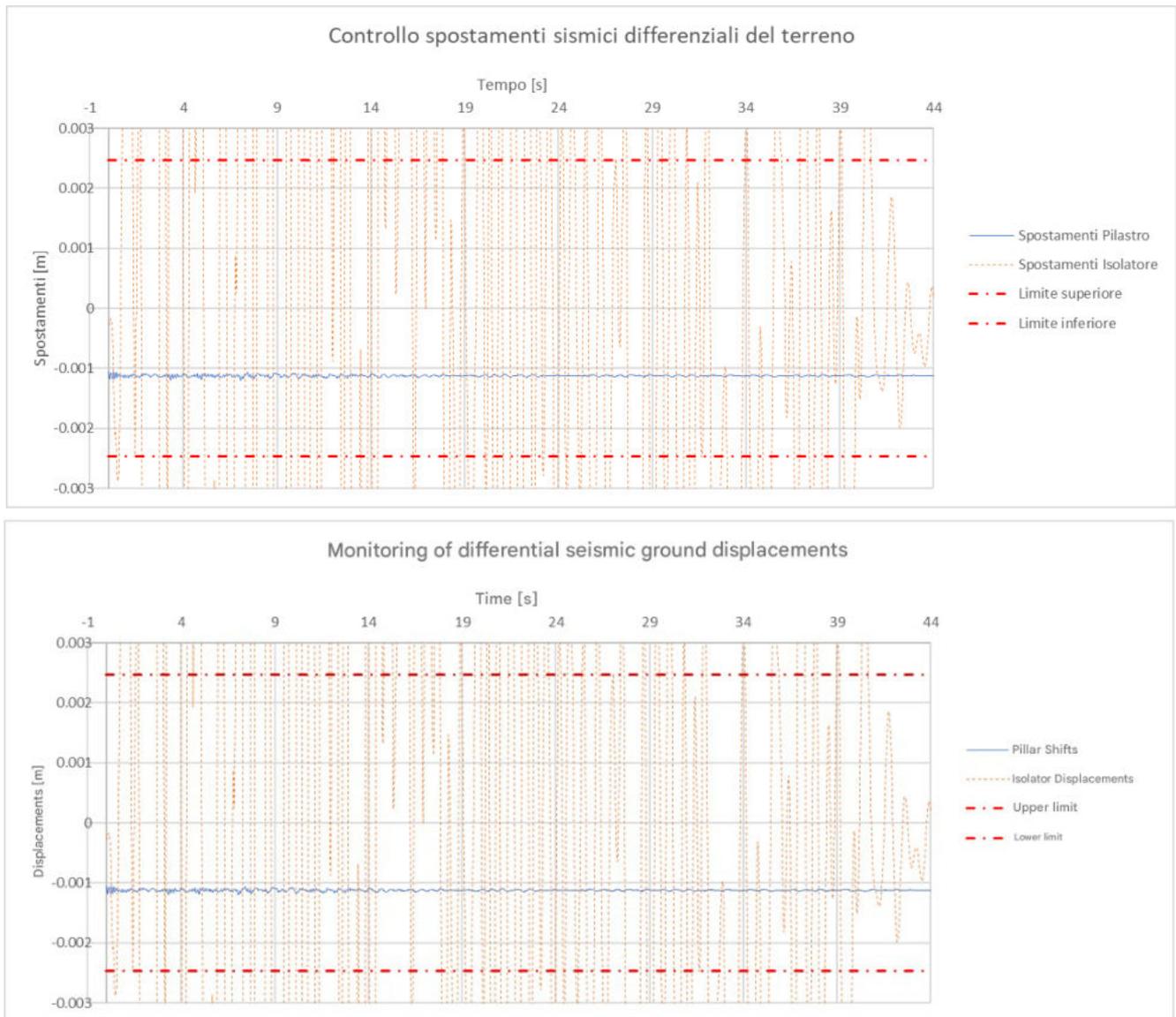


Figura 16 – Verifica dello spostamento massimo in testa ad un pilastro significativo in relazione allo spostamento dell’isolatore soprastante nella Time History 3 in direzione Y allo SLC.

Figure 16 – Verification of the maximum displacement at the head of a significant pillar in relation to the displacement of the isolator above in Time History 3 in direction Y at the SLC.

- si verifica l’assenza di sforzi di trazione, che altrimenti indicherebbero azioni di sollevamento nell’isolatore, non accettabili;
- si verifica che il massimo sforzo assiale di compressione a cui sono sottoposti i dispositivi non superi lo sforzo normale di progetto.

Le verifiche sono state eseguite su tutti i 189 dispositivi rappresentati dai *Nonlinear Link*, di cui si riporta uno stralcio dei tabulati di verifica su foglio elettronico in Fig. 18. Nella tabella, lo sforzo assiale è rappresentato dal simbolo P_{med} , mentre i termini $U2_{med}$ e $U3_{med}$ si riferiscono agli spostamenti nelle direzioni 2 e 3 del sistema di riferimento

light dotted line in the graph of Fig. 16, the maximum of which provides the threshold of 1/20 (approximately 2.5 mm) shown with horizontal lines in bold for both positive and negative displacements; since the displacement of the appropriately reinforced pillar, represented in the aforementioned graph with blue colouring oscillations, oscillates in the 1.0 ÷ 1.2 mm range, the verification is to be considered abundantly satisfied:

$$d_{pil,max} = 1.2mm < \frac{1}{20d_{is,max}} = 2.5 mm$$

6.3. Verification of isolators in terms of forces and displacements at the SLC

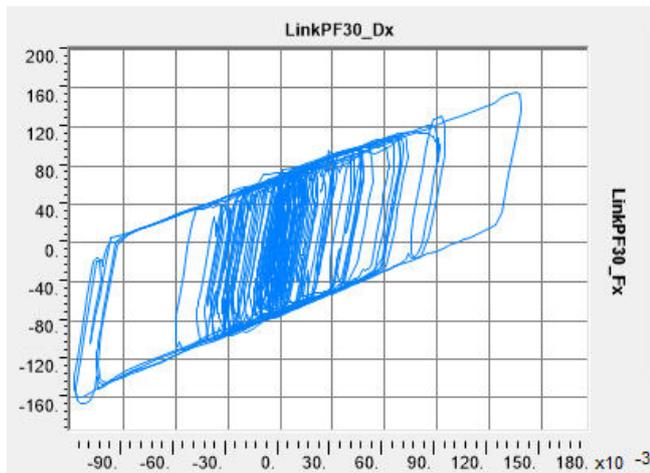


Figura 17 – Ciclo di isteresi di un Nonlinear Link in SAP2000. Spostamenti sulle ascisse [mm] e forze sulle ordinate [kN].

Figure 17 – Hysteresis cycle of a Nonlinear Link in SAP2000. Displacements on axes [mm] and forces on ordinates [kN].

locale; il pedice “med” indica che si tratta del valore medio dei massimi sforzi o spostamenti ottenuti dall’applicazione di ciascuno dei 7 accelerogrammi TH.

In ragione degli spostamenti attesi tra sottostruttura e sovrastruttura allo stato limite SLC, è opportuno fare un cenno sull’importanza dell’integrazione tra la progettazione impiantistica e quella strutturale. La prima, infatti, dovrà necessariamente prevedere, in corrispondenza delle zone interferenti, il taglio delle tubazioni rigide e l’interposizione di elementi di natura flessibile, in grado di garantire la sicurezza della rete impiantistica anche a seguito di sisma severo.

6.4. Risoluzione del problema del martellamento tra corpi giuntati

Come detto nella parte introduttiva, uno dei benefici significativi che ci si aspetta dalla tecnica dell’isolamento è l’assenza di martellamento nei giunti. Indicando con $d_{x,i}$ e $d_{x,j}$ gli spostamenti in direzione X dei nodi adiacenti ma appartenenti rispettivamente al corpo i e al corpo j, la verifica del giunto in direzione ortogonale (Y) consiste nel controllare la seguente espressione:

$$|d_{x,j} - d_{x,i}| \leq a_y$$

dove a rappresenta la dimensione del giunto tecnico esistente, pari a 5 cm. Per i giunti orditi parallelamente all’asse X, vale la stessa espressione di verifica, ovvero:

$$|d_{y,j} - d_{y,i}| \leq a_x$$

In Fig. 19 si riporta il grafico dello spostamento relativo di nodo di uno dei telai (allineamento E) in prossimità dell’intersezione del giunto ortogonale n.6, per effetto del segnale accelerometrico risultato più gravoso. È evidente l’assenza di contatto tra i nodi, dal momento che la rispo-

The verifications of the isolation devices in the limit state of collapse consist of checking the following aspects:

- Verification is carried out that the maximum displacement within the hysteresis cycle of each isolator is less than the design displacement (± 300 mm). By way of example, one of the answers obtained is shown in Fig. 17, which indicate a behaviour compatible with the theoretical link shown in Fig. 10. In addition, the presence of peaks at each reversal of motion can be observed, which derive from the variability of the friction coefficient with the sliding speed;
- the absence of tensile stresses is checked, which would otherwise indicate lifting actions in the isolator, which are not acceptable;
- verification is carried out that the maximum axial compressive stress to which the devices are subjected does not exceed the normal design stress.

The verifications were carried out on all 189 devices represented by the Nonlinear Links, of which an excerpt of the verification tables on the spreadsheet is shown in Fig. 18. In the table, the axial stress is represented by the symbol P_{med} while the terms $U2_{med}$ and $U3_{med}$ refer to displacements in directions 2 and 3 of the local reference system; the subscript “med” indicates that this is the average value of the maximum stresses or displacements obtained from the application of each of the 7 TH accelerograms.

Due to the expected shifts between substructure and superstructure in the SLC limit condition, it is appropriate to mention the importance of integration between plant and structural design. The first, in fact, must necessarily provide for the cutting of rigid pipes and the interposition of flexible elements, at the interfering areas, capable of guaranteeing the safety of the plant network even following a severe earthquake.

6.4. Solving the problem of hammering between joined bodies

As mentioned in the introductory part, one of the significant benefits expected from the isolation technique is the absence of hammering in the joints. By indicating with $d_{x,i}$ and $d_{x,j}$ the displacements in the X direction of the adjacent nodes but belonging respectively to body i and body j, the verification of the joint in the orthogonal direction (Y) consists in verifying the following expression:

$$|d_{x,j} - d_{x,i}| \leq a_y$$

where a represents the size of the existing technical joint, equal to 5 cm. For joints warped parallel to the X axis, the same verification expression applies, namely:

$$|d_{y,j} - d_{y,i}| \leq a_x$$

Fig. 19 shows the graph of the relative joint displacement of one of the frames (alignment E) near the intersection of the orthogonal joint 6, due to the effect of the most burdensome accelerometric signal. The absence of contact between the joints is evident, since the response obtained is at all

Isolatore scelti			Forze - Direzione X		Forze - Direzione Y		Spostamenti - Direzione X		Spostamenti - Direzione Y	
Num. Fili	Tipologia	Nmax, sis	P med	Verifica	P med	Verifica	U2 med	Verifica	U3 med	Verifica
-	-	[kN]	[KN]	-	[KN]	-	[m]	-	[m]	-
PF1	FP_1	710	209.98	OK	210.74	OK	0.190	OK	0.191	OK
PF2	FP_2	1500	426.05	OK	422.33	OK	0.189	OK	0.190	OK
PF3	FP_2	1500	377.56	OK	372.16	OK	0.190	OK	0.190	OK

...

PF187	FP_2	1500	518.29	OK	522.19	OK	0.191	OK	0.189	OK
PF188	FP_4	4400	2059.09	OK	2178.30	OK	0.191	OK	0.190	OK
PF189	FP_4	4400	2237.03	OK	2193.67	OK	0.190	OK	0.190	OK

Chosen insulator			Forces - Direction X		Forces - Y Direction		Movements - Direction X		Movements - Y direction	
Num. Wires	Typology	Nmax, sis	P med	Verify	P med	Verify	U2 med	Verify	U3 med	Verify
-	-	[kN]	[KN]	-	[KN]	-	[m]	-	[m]	-
PF1	FP_1	710	209.98	OK	210.74	OK	0.190	OK	0.191	OK
PF2	FP_2	1500	426.05	OK	422.33	OK	0.189	OK	0.190	OK
PF3	FP_2	1500	377.56	OK	372.16	OK	0.190	OK	0.190	OK

...

PF187	FP_2	1500	518.29	OK	522.19	OK	0.191	OK	0.189	OK
PF188	FP_4	4400	2059.09	OK	2178.30	OK	0.191	OK	0.190	OK
PF189	FP_4	4400	2237.03	OK	2193.67	OK	0.190	OK	0.190	OK

Figura 18 – Estratto della tabella di verifica allo SLC degli isolatori Friction Pendulum.
 Figure 18 – Extract of the verification table at the SLC of Friction Pendulum isolators.

sta ottenuta risulta a ogni istante ampiamente al di sotto delle soglie orizzontali rappresentate dalla dimensione a_x .

La conferma della correttezza dei valori numerici è evidente se si osserva la deformata mostrata in Fig. 19, relativa all'istante $t=14$ s in cui lo spostamento di giunto è massimo: è possibile notare come le sovrastrutture dei corpi 1 e 2 oscillino in fase al di sopra dell'impalcato isolato, riducendo sensibilmente i movimenti relativi.

7. Conclusioni

Il presente documento mostra la validità dell'isolamento sismico come tecnica di protezione sismica passiva, nell'ambito dell'intervento di miglioramento sismico della stazione ferroviaria Vaglio Lise della città di Cosenza. Rispetto agli interventi di tipo tradizionale, l'efficacia appare ulteriormente marcata nel caso di interesse, dove le maggiori criticità sono dettate dall'irregolarità strutturale, dall'insufficienza dei giunti tecnici presenti tra i corpi indipendenti che costituiscono l'aggregato edilizio e dall'impossibilità di interrompere le attività durante la fase di realizzazione dei lavori. Dopo aver effettuato un'adeguata campagna di indagine e aver sviluppato un modello agli elementi finiti, opportunamente validato, in grado di cogliere con buona approssimazione le peculiarità del sistema strutturale esistente, sono state svolte analisi lineari preliminari, grazie alle quali dimensionare i dispositivi e definirne tipologia

times well below the horizontal thresholds represented by dimension a_x .

Confirmation of the correctness of the numerical values is evident if we observe the deformation diagram shown in Fig. 19, relative to the instant $t=14$ s in which the joint displacement is maximum: we can observe how the superstructures of bodies 1 and 2 oscillate in phase above the isolated deck, significantly reducing the relative movements.

7. Conclusions

This document illustrates the validity of seismic isolation as a passive seismic protection technique, as part of the seismic improvement intervention of the Vaglio Lise station in Cosenza. Compared to traditional interventions, the effectiveness appears further marked in the case of interest, where the greatest criticalities are dictated by the structural irregularity, the insufficiency of the technical joints present between the independent bodies that make up the building complex and the impossibility of interrupting the activities during the construction phase of the works. Preliminary linear analyses were carried out, after performing a suitable survey campaign and developing a finite element model, appropriately validated, capable of capturing with good approximation the peculiarities of the existing structural system, thanks to which the devices were sized and their arrangements defined; subsequently,

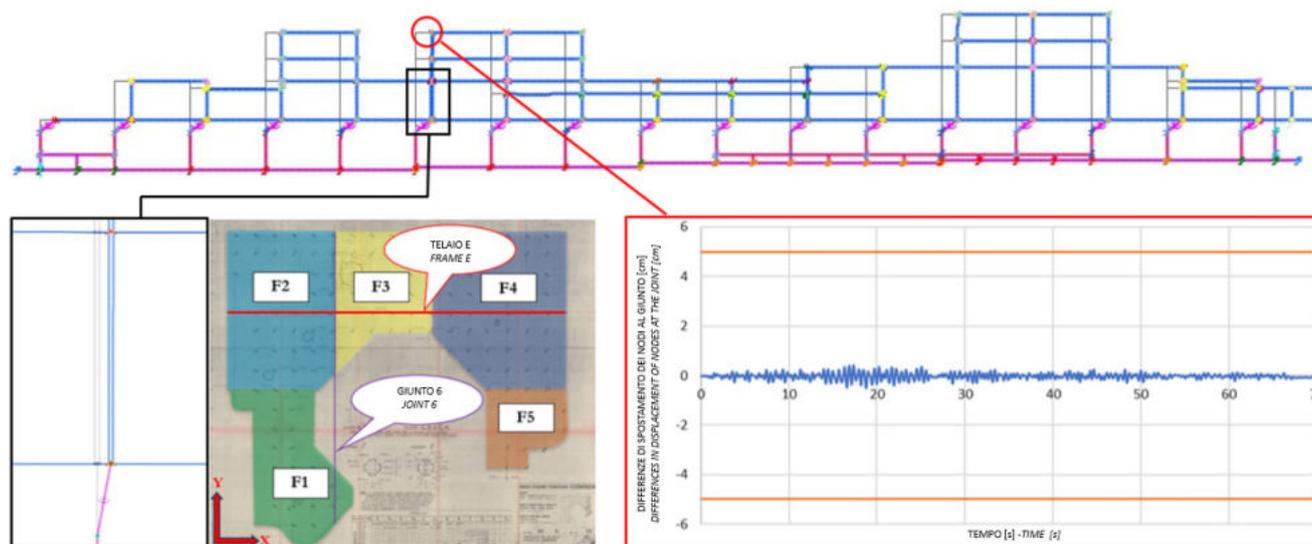


Figura 19 – Controllo del martellamento del giunto 6: deformata all’istante $t=14s$ del telaio E con dettaglio in prossimità del giunto allo SLC.

Figure 19 – Hammering control of joint 6: deformed at instant $t=14s$ of frame E with detail near the joint at SLC.

e distribuzione planimetrica; successivamente si è proceduto ad eseguire le verifiche prestazionali, con riferimento sia agli stati limite ultimi (SLV e SLC) che a quelli di esercizio (SLD e SLO). Tali verifiche sono condotte mediante analisi dinamiche non lineari, inserendo nel modello agli elementi finiti accelerogrammi naturali spettro-compatibili, derivanti da uno studio di risposta sismica locale. I risultati ottenuti evidenziano la bontà dell’idea progettuale e la risoluzione delle criticità precedentemente esposte, difficilmente risolvibili con i metodi tradizionali. Da un lato, gli spostamenti relativi tra i corpi indipendenti in corrispondenza dei giunti si riducono drasticamente e tali da soddisfare con margine le verifiche al martellamento; dall’altro, quasi tutte le lavorazioni si concentrano nel piano seminterrato, adibita a parcheggio evitando interferenze con le attività dei piani superiori. A tale riguardo, i risultati sulla sovrastruttura relativi al modello Post Operam mostrano che gli elementi trave e pilastro restano sostanzialmente in campo elastico e le sollecitazioni di taglio non superano le resistenze ottenute lato armature trasversali, risultando di conseguenza soddisfatti sia i meccanismi duttili, che quelli fragili.

the performance checks were carried out, with reference to both the ultimate limit conditions (SLV and SLC) and those of operation (SLD (damage state limit) and SLO (operation state limit)). These verifications are carried out by means of non-linear dynamic analyses, including spectro-compatible natural accelerograms in the finite element model, deriving from a local seismic response study. The results obtained highlight the goodness of the design idea and the resolution of the previously exposed critical issues, which are difficult to solve with traditional methods. On the one hand, the relative displacements between the independent bodies at the joints are drastically reduced, becoming such as to satisfy the hammering checks with margin; on the other hand, almost all the work is concentrated in the basement, used as a parking lot. In this regard, the results on the superstructure relating to the Post Operam model show that the beam and pillar elements remain substantially in the elastic field and the shear stresses do not exceed the strengths obtained on the transverse reinforcements, consequently both the ductile and fragile mechanisms are satisfied.

BIBLIOGRAFIA - REFERENCES

- [1] Gazzetta Ufficiale n. 105 dell’8 maggio 2003. Ordinanza del Presidente del Consiglio dei ministri 20 marzo 2003, n. 3274 – “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”.
- [2] Ministero delle infrastrutture e dei trasporti (2008), “Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni”.
- [3] Ministero dei lavori pubblici (1996), “Norme tecniche per il calcolo, l’esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche”.
- [4] Ministero delle infrastrutture e dei trasporti (2018), “Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”.
- [5] European Committee for Standardization (2005), “Eurocode 8 - Design of structures for earthquake resistance” - Part 2: Bridges.
- [6] European Committee for Standardization (2018), “UNI EN 15129. Anti-seismic devices”.



Il Digital Automatic Coupling per i treni merci: ruolo, benefici, limiti

Digital Automatic Coupling for freight trains: role, benefits, limitations

Gabriele ORSI^(*)

Germano BONI^(**)

Bruno DALLA CHIARA^(*)

(<https://www.medra.org/servlet/view?lang=it&doi=10.57597/IF.0708.2025.ART.2>)

Sommario – L'obiettivo principale di questo articolo è effettuare un'analisi qualitativa e quantitativa sulla fattibilità tecnica ed economica del *Digital Automatic Coupling (DAC)*. Tale analisi viene sviluppata, innanzitutto, attraverso la definizione del contesto normativo europeo ed italiano, che definisce gli obiettivi climatici e di settore da conseguire entro determinate scadenze, e delle caratteristiche relative alla tecnologia DAC, sia in termini meccanici che funzionali; segue una panoramica tecnica e operativa che descrive lo stato attuale dei veicoli merci, in particolare i limiti da superare, nonché gli studi inerenti alla tematica dei treni merci lunghi e pesanti e alla tecnologia DAC medesima. Conseguentemente vengono richiamate le dinamiche formulate dall'*European DAC Delivery Programme (EDDP)* per favorire la migrazione dal gancio tradizionale all'accoppiatore automatico. L'articolo approda agli studi sulla prestazione in linea, inserendo i parametri relativi all'infrastruttura sulla quale il treno circola, e fornisce un quadro relativo ai costi associati al retrofit di tale tecnologia, anche impiegando l'analisi multicriteri in fase finale.

In termini di risultati più generali, si ottiene che il DAC risulta una tecnologia in grado fronteggiare le problematiche che oggi limitano la resa del trasporto merci su rotaia, risolvendone la maggior parte e lasciandone alcune ancora aperte. Inoltre, grazie ai vantaggi forniti dal dispositivo, l'impiego di tale tecnologia appare più consono sulla larga scala, benché la piccola scala, rappresentata dal traffico diffuso che è quello che ha messo in moto la Germania su tale soluzione tecnologica, sia quella che ottenga molti più benefici.

1. Introduzione

Nell'ambito della politica climatica promossa dall'UE con il *Green Deal* [1] con la relativa evoluzione nella *clean*

Summary - The main objective of this paper is to perform a qualitative and quantitative analysis on the technical and economic feasibility of Digital Automatic Coupling (DAC). This analysis is developed, first of all, through the definition of the European and Italian regulatory context, which defines the climatic and sector objectives to be achieved within certain deadlines, and of the characteristics related to DAC technology, both in mechanical and functional terms. This is followed by a technical and operational overview describing the current state of freight vehicles, in particular the limits to be overcome, as well as the studies inherent to the subject of long and heavy freight trains and DAC technology itself. Consequently, the dynamics formulated by the European DAC Delivery Programme (EDDP) to promote the migration from the traditional hook to the automatic coupler are recalled. The paper then moves on to studies on line performance, including parameters relating to the infrastructure on which the train runs, and provides an overview of the costs associated with retrofitting such technology, also using multi-criteria analysis in the final phase.

In terms of more general results, it turns out that DAC is a technology capable of tackling the problems that currently limit the performance of rail freight transport, solving most of them and leaving some still open. In addition, thanks to the advantages provided by the device, the use of this technology appears to be more appropriate on the large scale, although the small scale, represented by the diffused, single-wagon, traffic that is what set Germany in motion on this technological solution, is the one that obtains many more benefits.

1. Introduction

In the context of the climate policy promoted by the EU with the *Green Deal* [1] with related evolution towards

^(*) Politecnico di Torino, Dip. DIATI-Trasporti. Autore di riferimento: bruno.dallachiara@polito.it

^(**) InRail e FuoriMuro.

^(*) Politecnico di Torino, Dept. DIATI-Transport systems. Corresponding author: bruno.dallachiara@polito.it

^(**) InRail and FuoriMuro.

competitiveness, l'obiettivo di aumentare il volume di traffico merci su rotaia, riducendo al contempo quello su strada, si può perseguire con un aumento della massa trasportata e della lunghezza dei convogli, purché naturalmente se ne garantisca il riempimento, auspicabilmente con materiale rotabile più innovativo. Se, da un lato, l'estensione di massa e lunghezza dei convogli implica degli indubbi vantaggi economici, dall'altro porta con sé delle ripercussioni operative, dovute soprattutto allo scarso sviluppo che il materiale rotabile merci ha subito nel corso degli ultimi decenni: di fatto, il treno lungo e pesante è una scelta operativa basata su criteri economici, per competere con la modalità stradale, che oggi deve però fare i conti con la tecnica. Al fine di ovviare a tali problematiche e, contestualmente, di aumentare l'efficienza dei treni merci, tra le varie azioni intraprese negli ultimi anni è stato varato nel 2021 il progetto *ERJU-MAWP* [2], nel quale si inserisce lo sviluppo del DAC (*Digital Automatic Coupling*). Si tratta di una nuova tipologia di accoppiatore, derivata dalla tecnologia Scharfenberg, il cui scopo generale è quello di automatizzare le operazioni di composizione dei treni merci e favorire la digitalizzazione del sistema treno, essendo questo gravemente carente al merito. In questo modo, si vuole rendere più efficiente non solo la tecnica, per quanto possibile, ma anche l'operatività in linea dei convogli, nell'ottica di incrementare il carico trasportato da un singolo treno fino a ipoteticamente 4000 t, per ridurre ulteriormente i costi unitari per unità trasportata; invero, i treni merci da 2500 t risultano già un ambizioso traguardo cui buona parte delle imprese ferroviarie si sono dedicate negli ultimi 7-8 anni.

Per contro, l'aggiornamento così invasivo – soprattutto in termini quantitativi – del materiale rotabile deve comunque tenere conto di un fattore imprescindibile, rappresentato dai costi associati alla produzione e al processo di migrazione dei veicoli verso questa nuova soluzione tecnologica. Infatti, il basso costo del materiale rotabile è un elemento chiave che permette il contenimento del costo del trasporto su rotaia. Al contempo, indubbiamente, più il materiale rotabile è tecnologicamente evoluto, più potrà attingere ad un maggiore bacino potenziale di domanda oggi non acquisibile, ma al contempo ciò comporterà incremento dei costi, per il suo esercizio.

2. La tecnologia DAC

In linea generale, il DAC è un accoppiatore di nuova generazione il cui compito è quello di sostituire in maniera progressiva tutte le componenti storiche del sistema gancio-respingenti. Infatti, *coupling* designa la prima funzionalità richiesta a questo dispositivo, ovvero il garantire la continuità meccanica per la trasmissione delle forze di trazione dalla locomotiva ai carri, nonché la repulsione, sostituendo di fatto i respingenti.

Tuttavia, alla funzione di accoppiamento se ne affiancano altre due, che non sono disponibili nel sistema gancio-respingenti convenzionale. In primis, l'accoppiamento (e, se possibile, anche il disaccoppiamento) deve effettuarsi

the clean competitiveness, the objective of increasing the volume of rail freight traffic while reducing that on the roads can be pursued: this can take place by increasing the mass transported and the length of trainsets, provided, of course, that they are filled, hopefully with more innovative rolling stock. Though, on one hand, extending the mass and length of trainsets brings undoubted economic advantages, on the other one it also brings operational repercussions, due above all to the poor development of freight rolling stock over the past decades: in fact, the long and heavy train is an operational choice based on economic criteria, to compete with road mode, which today, however, has to come to terms with technology. In order to overcome these problems and, at the same time, to increase the efficiency of freight trains, the ERJU-MAWP project [2], in which the development of DAC (Digital Automatic Coupling) is included, was launched in 2021. This is a new type of coupler, derived from the Scharfenberg technology, whose general purpose is to automate freight train composition operations and promote the digitisation of the train system, which is severely lacking in this respect. In this way, the aim is to make not only the technology more efficient, as far as possible, but also the line operation of trainsets with a view to increasing the load transported by a single train up to a hypothetical 4000 t, to further reduce the unit costs per transported unit; indeed, 2500 t freight trains are already an ambitious goal to which most railway companies have dedicated themselves in the last 7-8 years.

On the other hand, such an invasive upgrade - especially in terms of quantity - of rolling stock must still take into account an unavoidable factor, represented by the costs associated with the production and migration process of vehicles to this new technological solution. Indeed, the low cost of rolling stock is a key element in keeping the cost of rail transport down. At the same time, undoubtedly, the more technologically advanced the rolling stock is, the more it will be able to tap into a greater potential pool of demand that cannot be acquired today, but at the same time this will lead to an increase in the cost of operating it.

2. DAC technology

Generally speaking, the DAC is a new-generation coupler whose task is to progressively replace all the historical components of the hook-buffer system. In fact, coupling designates the first functionality required of this device, namely ensuring mechanical continuity for the transmission of traction forces from the locomotive to the wagons, as well as repulsion, effectively replacing the buffers.

However, the coupling function is complemented by two others, which are not available in the conventional hook-and-pull system. Firstly, coupling (and, if possible, also uncoupling) must be carried out automatically, i.e. without the intervention of an operator on the ground. In addition to eliminating a particularly burdensome and sometimes

in maniera automatica (*automatic*), ovvero senza l'intervento di un operatore a terra: oltre ad eliminare una mansione particolarmente gravosa e talvolta pericolosa, questo garantisce una maggiore versatilità di impiego dei carri, nonché un guadagno di tempo che necessariamente si perde nello svolgere tali compiti, fattore chiave laddove si persevera nella gestione del traffico cosiddetto diffuso, a carro singolo, nella fattispecie in Germania ed Austria.

Ad ogni modo, osservando la Fig. 1, l'accoppiamento automatico non vale solo per la trasmissione meccanica dello sforzo di trazione, ma anche per le condotte pneumatiche del freno, nonché per i collegamenti elettrici per l'alimentazione e la comunicazione dati. Ciò ha dato origine a diversi livelli del DAC, indicati come DAC-numero in base al loro grado di automazione.

In ultimo, come innovazione fondamentale di questo sistema, si può creare un "sistema treno" nel quale tra la locomotiva e i veicoli vi è un continuo scambio di informazioni digitali *digital* relative al monitoraggio di parametri vitali dei veicoli, nonché alla trasmissione di comandi ad opera del macchinista. Grazie alla digitalizzazione, è possibile ottenere dal DAC una serie di funzionalità, descritte in Tab. 1.

Oltre alle funzionalità appena esposte, il DAC è pensato per resistere ad uno sforzo di trazione a snervamento di 1000 kN, ad uno sforzo di trazione a rottura fragile di 1500 kN e ad uno sforzo di compressione pari a 2000 kN. Inoltre, l'accoppiatore è stato delineato secondo due specifiche versioni (Fig. 2), che si differenziano soprattutto per la modalità di impiego sui veicoli:

- a) DAC convenzionale o classico, predisposto con la sola interfaccia dell'accoppiatore, da impiegare sui carri.
- b) DAC ibrido, predisposto con una doppia interfaccia (accoppiatore e gancio-tenditore, separati da una maschera), da impiegare sulle locomotive per mantenerne la versatilità di impiego sia su treni passeggeri che merci. Pertanto, tali veicoli manterrebbero i respingenti, da impiegare all'occorrenza.

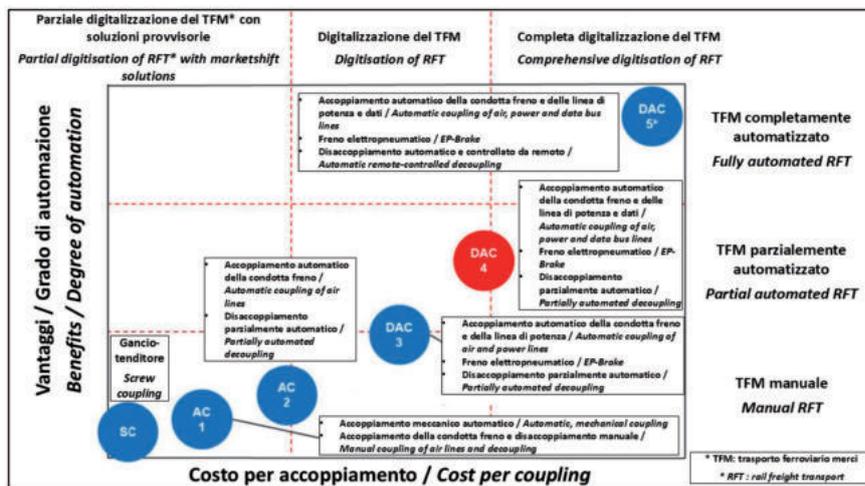
3. Le problematiche tecniche e operative attuali dei treni merci

Dal punto di vista tecnico, si possono considerare tre ambiti di azione

dangerous task, this guarantees greater versatility in the use of wagons, as well as a gain in time that is necessarily lost in carrying out these tasks, a key factor when pursuing the management of so-called diffused, single-wagon traffic, in this case in Germany and Austria.

However, looking at Fig. 1, automatic coupling not only applies to the mechanical transmission of the tractive effort, but also to the pneumatic brake lines, as well as to the electrical connections for power and data communication. This has given rise to different levels of DAC, referred to as DAC-number according to their degree of automation.

Ultimately, as a fundamental innovation of this system,



(Fonte - Source: [3])

Figura 1 - Livelli di concezione del DAC, con relativo grado di automazione per l'unione dei principali sottosistemi: accoppiamento meccanico, condotte pneumatiche, cavi elettrici e di comunicazione dati.

Figure 1 - Levels of DAC design, with relative degree of automation for linking the main subsystems: mechanical coupling, pneumatic pipes, electrical and data communication cables.



(Fonte - Source: [4])

Figura 2 - Versioni disponibili del DAC: classico a sinistra e ibrida a destra.

Figure 2 - Available versions of the DAC: classic on the left and hybrid on the right side.

Descrizione delle funzionalità garantite dal DAC
Description of functionalities provided by the DAC

Funzionalità Functionality	Caratteristiche Features
Sistema di fornitura di energia ed informatico <i>Energy and data system supply</i>	La fornitura elettrica via cavo consente la trasmissione di energia elettrica, dalla locomotiva ai carri, alla tensione di 400 V c.a., con una potenza massima di 3 kW, in modo da sostenere la centralina di controllo del DAC, nonché la sensoristica installabile a bordo treno. Il collegamento informatico, invece, consente la trasmissione di informazioni tra i veicoli in formato digitale, che possono essere inoltrati ai gestori del traffico. <i>The cable power supply allows the transmission of electrical energy from the locomotive to the wagons at a voltage of 400 V AC, with a maximum power of 3 kW, in order to support the DAC control unit, as well as the sensors that can be installed on board the train.</i> <i>The computer link, on the other hand, enables the transmission of information between vehicles in digital format, which can be forwarded to traffic managers.</i>
Verifica composizione treno e ordine dei carri <i>Train composition and wagon order detection</i>	Oltre a garantire l'accoppiamento automatico tra i veicoli, questa funzionalità consente la verifica sul posizionamento di ciascun veicolo nella colonna di carri, attraverso la marcatura numerica UIC a undici cifre. <i>In addition to ensuring automatic coupling between vehicles, this functionality allows verification of the positioning of each vehicle in the wagon column by means of the eleven-digit UIC numeric marking</i>
Test di frenatura automatica <i>Automatic brake test</i>	Attraverso il comando da un'apposita <i>Human Machine Interface (HMI)</i> , costituita da un tablet), il macchinista comanda l'esecuzione automatica della prova freno. La logica informatica del DAC, oltre ad eseguire le procedure indicate nei manuali di mestiere (come la IEFCA in Italia), verifica che ciascun veicolo soddisfi la prova, inviando un segnale di errore in caso contrario per sollecitare un intervento manuale. <i>Using a Human Machine Interface (HMI, consisting of a tablet), the driver commands the automatic execution of the brake test. The computer logic of the DAC, in addition to executing the procedures indicated in the trade manuals (such as the IEFCA in Italy), verifies that each vehicle meets the test, sending an error signal if it does not, to prompt a manual intervention.</i>
Determinazione della lunghezza e dell'integrità del treno <i>Train length and train integrity determination</i>	La prima funzionalità permette, dalla conoscenza della marcatura UIC, alla quale sono associate determinate specifiche tecniche del veicolo, il calcolo automatico della lunghezza del convoglio. La seconda funzionalità, invece, consente la verifica, durante la marcia, dell'integrità del treno, verificando che nessun veicolo si sia accidentalmente separato dalla colonna. <i>The first functionality allows, from the knowledge of the UIC marking, to which certain technical specifications of the vehicle are associated, the automatic calculation of the length of the convoy. The second feature, on the other hand, allows the integrity of the train to be checked while it is running, verifying that no vehicle has accidentally become separated from the column.</i>
Accoppiamento automatico <i>Automatic uncoupling</i>	Attraverso un comando remoto dalla HMI, il macchinista può comandare la separazione automatica tra due accoppiatori, posti in una specifica posizione del treno, per effettuare il taglio tra due veicoli. Ad ogni modo, l'operazione di disaccoppiamento può essere svolta manualmente attraverso un pulsante o una leva posti sulla fiancata del veicolo nei pressi del DAC. <i>Through a remote control from the HMI, the driver can control the automatic uncoupling between two couplers, located at a specific position in the train, in order to make the cut between two vehicles. However, the decoupling operation can be performed manually through a button or lever located on the side of the vehicle near the DAC.</i>
Inibizione dell'accoppiamento <i>Prevent coupling</i>	Questa funzionalità consente l'inibizione temporanea dell'accoppiamento automatico che si verificherebbe naturalmente non appena due DAC vengono a contatto. Un'applicazione di quanto appena detto la si può trovare nella sella di lancio, quando i veicoli sono spinti lentamente verso la rampa. <i>This feature allows the temporary inhibition of the automatic coupling that would naturally occur as soon as two DACs come into contact. An application of this can be found in the launch saddle, when vehicles are slowly pushed towards the ramp.</i>
Freno Elettropneumatico <i>Electro-pneumatic brake</i>	L'Energy and data system supply consentirebbe di provocare la depressione della condotta generale su ogni veicolo del treno, integrando il segnale pneumatico di comando con un omologo elettrico. Quest'ultimo, in particolare, agirebbe su un sistema di elettrovalvole posto sul DAC, realizzando la depressione a livello locale (sul veicolo). Unendo i due aspetti appena descritti, il sistema frenante risulta molto più reattivo. <i>The Energy and data system supply would allow the depression of the general conduit on each vehicle of the train by integrating the pneumatic control signal with an electrical counterpart. The latter, in particular, would act on a solenoid valve system located on the DAC, realising the vacuum locally (on the vehicle). By combining the two aspects just described, the braking system would be much more responsive.</i>
Freno di stazionamento <i>Parking brake</i>	Laddove il veicolo disponga del freno di parcheggio, è possibile inserirlo automaticamente mediante comando remoto dalla HMI. Questa opzione è utile per effettuare il taglio del treno in più colonne di rotabili. <i>If the vehicle has a parking brake, it can be automatically applied by remote control from the HMI. This option is useful for cutting the train in several columns of rolling stock.</i>
Sistema di potenza distribuita <i>Distributed power system</i>	Questa funzionalità consente la trazione multipla di un convoglio con le locomotive in telecomando, realizzato con la logica di comunicazione dati del DAC (questo aspetto non è da confondere con la potenza distribuita per cui la linea elettrica non è invece adeguata). <i>This functionality allows multiple traction of a convoy with the locomotives in remote control, realised with the data communication logic of the DAC (this is not to be confused with distributed power, for which this power line is not adequate).</i>

in cui si possono riscontrare delle problematiche e delle mancanze che limitano le prestazioni di un convoglio merci. Il primo di questi riguarda il sistema di accoppiamento, costituito dall'insieme di gancio-tenditore e respingenti. Qui, il fattore più restrittivo riguarda il massimo sforzo trasmissibile dal castelletto di trazione, il quale trasferisce gli sforzi dal tenditore al telaio del veicolo: la normativa EN 15566 [5] stabilisce che le molle utilizzate nel castelletto di trazione per la trazione discontinua devono esercitare – e dunque sopportare – una forza minima pari 400 kN (consigliata 550 kN) in presenza di una deformazione (intesa come massima) compresa tra 50 e 60 mm. Inoltre, la suddetta normativa stabilisce che la massa del gancio-tenditore non può eccedere i 36 kg, al fine di non rendere troppo gravosa la movimentazione di tale componente da parte dell'operatore di terra nell'unione tra due veicoli. Non potendo impiegare materiali più resistenti – e, dunque, in generale più pesanti – ciò limita di conseguenza lo sforzo massimo trasmissibile dal gancio.

Un secondo ambito di interesse riguarda il sistema frenante dei carri, del tipo pneumatico a una condotta. In questo caso, essendo il segnale di comando di frenatura/sfrenatura puramente pneumatico e inviato dalla locomotiva, i tempi di scarica e di ricarica della condotta sono molto dilatati; dunque, più il treno è lungo, più si creano delle forti disomogeneità sui profili di frenatura e sfrenatura tra la testa e la coda. Di conseguenza, il sistema di accoppiamento può apparire sovrassollecitato: in frenatura, superando la capacità repulsiva dei respingenti, provocando un possibile deragliamento; in sfrenatura, arrivando allo strappo del gancio. Ad oggi, è dimostrato come un treno merci di 500 m (lunghezza media operativa) abbia delle ridotte possibilità di deragliamento, purché si adottino tutte le disposizioni indicate nei manuali di mestiere. Tuttavia, assecondando la volontà di aumentare la lunghezza allo standard europeo di 750 m, per quanto detto in precedenza potrebbe non essere più garantita la sicurezza di marcia, aumentando la possibilità di deragliamento. Nonostante l'esistenza dei regimi di frenatura P e G, eventualmente combinabili nel *Long Locomotive*, nonché la presenza di sistemi vuoto carico, la riduzione significativa delle disomogeneità passa attraverso l'utilizzo di un freno elettropneumatico e di un impianto a doppia condotta (generale e principale), i quali aumenterebbero la reattività del freno in entrambe le fasi. In ultimo, la maggior parte dei carri merci utilizza dei freni a ceppo, che risultano meno efficienti degli omologhi a disco sia per la realizzazione della meccanica di frenatura sia per quanto riguarda lo smaltimento del calore sviluppato durante la frenatura meccanica.

Infine, il parco rotabili merci, allo stato attuale, non dispone né della condotta elettrica Riscaldamento Elettrico Carrozze (REC) né della condotta a poli. Nel primo caso, questo non consente il trasferimento di energia elettrica dalla locomotiva ai carri, che può essere utilizzata per scopi come il trasporto di container refrigerati o anche solo per evitare di oltrepassare temperature, elevate o basse

una 'train system' can be created in which there is a continuous exchange of digital information between the locomotive and the vehicles relating to the monitoring of vital vehicle parameters, as well as the transmission of commands by the driver. Through digitisation, a number of functionalities can be obtained from the DAC, which are described in Tab. 1.

In addition to the functionalities outlined above, the DAC is designed to withstand a yield tensile stress of 1000 kN, a brittle fracture tensile stress of 1500 kN and a compressive stress of 2000 kN. Furthermore, the coupler has been outlined according to two specific versions (Fig. 2), which differ mainly in the way they are used on vehicles:

- a) *Conventional or classic DAC, prepared with coupler interface only, for use on wagons.*
- b) *A hybrid DAC, equipped with a double interface (coupler and coupler-tensioner, separated by a mask), to be used on locomotives to maintain their versatility for use on both passenger and freight trains. Therefore, such vehicles would retain the buffers, to be used as required.*

3. The current technical and operational problems of freight trains

From a technical point of view, three areas can be considered in which problems and shortcomings can be found that limit the performance of a freight train. The first of these concerns the coupling system, consisting of the hook-tensioner and buffer assembly. Here, the most restrictive factor relates to the maximum force that can be transmitted by the draw frame, which transfers the forces from the tensioner to the vehicle frame: the standard 15566 [5] states that the springs used in the draw frame for discontinuous traction must exert - and therefore withstand - a minimum force of 400 kN (550 kN recommended) in the presence of a deformation (understood as maximum) of between 50 and 60 mm. In addition, the aforementioned standard stipulates that the mass of the hook-tensioner may not exceed 36 kg, in order not to make the handling of this component by the ground operator too burdensome when joining two vehicles. Since stronger - and therefore generally heavier - materials cannot be used, this limits the maximum effort that can be transmitted by the hook.

A second area of interest concerns the braking system of the wagons, of the pneumatic one-pipe type. In this case, since the braking/release command signal is purely pneumatic and sent from the locomotive, the discharge and recharge times of the pipeline are very dilated; therefore, the longer is the train, the more inhomogeneities are created in the braking and un-braking profiles between the head and the tail. As a result, the coupling system can appear overstressed: in braking, overcoming the repulsive capacity of the buffers, causing a possible derailment; in un-braking, causing the hook to tear. To date, it has been demonstrat-

che siano, che possano compromettere la natura chimico-fisica o la commerciabilità del prodotto trasportato. Nel secondo caso, invece, lo svantaggio principale è quello di non poter realizzare una trazione multipla del treno con una locomotiva in coda telecomandata dall'unità in testa. La mancanza di un impianto frenante a due condotte (generale e principale), inoltre, preclude l'implementazione del freno elettropneumatico, che renderebbe più reattiva la fase di frenatura, comandando la frenata su ogni veicolo, nonché una ricarica più rapida delle capacità del sistema in fase di sfrenatura.

Anche dal punto di vista operativo si possono trovare tre ambiti di azione nei quali sussistono problematiche e mancanze intaccano l'efficienza del sistema merci. Partendo dalle operazioni di messa in servizio (unione/taglio dei veicoli, verifica della marcatura UIC e prova del freno), le procedure prevedono ancora una forte componente manuale, che allunga la tempistica necessaria al loro svolgimento. In particolare la prova freno prevede, per motivazioni differenti, l'ispezione visiva dei veicoli: tali passaggi prevedono la percorrenza a piedi dell'intero treno per ben due volte da parte di un operatore, che non fa altro che aumentare la tempistica.

Dunque, in fase di esercizio sulla linea, la PGOS [6] fissa la massa rimorchiata di un treno a 1600 t – derogabile a 2500 t su specifiche linee impiegate dal traffico merci pesante – nonché la lunghezza massima complessiva del convoglio a 700 m, escludendo le locomotive attive e fatte salve delle restrizioni particolari che richiedono una lunghezza inferiore. In particolare, dal primo parametro succitato scaturisce il regime di frenata da adoperare sui veicoli (P, G o *Long Locomotive*), mentre dal secondo, la minima percentuale di massa frenata da soddisfare per l'esercizio a determinate velocità (90 e 100 km/h, nel caso della PGOS). Nell'ottica di introdurre treni fino a, teoricamente, 4000 t e 750 m di lunghezza, le prescrizioni riportate - ammesso che si renda fattibile l'esercizio in sicurezza di tali convogli - necessiteranno di una modifica. Inoltre, in ottica di esercizio, i carri sono attualmente assoggettati ai regimi di circolazione previsti dalla UIC (RO, S e SS), i quali prescrivono il massimo carico per asse ammissibile, la velocità massima, la percentuale di massa frenata e i dispositivi di vuoto/carico obbligatori per consentire la circolazione. Un ulteriore aspetto riguarda le sezioni di blocco: queste, infatti, hanno una lunghezza definita che però non è univoca, ma dipende dalle caratteristiche della tratta (curve, pendenza, velocità) e dalle prestazioni del treno. Quest'ultimo, in caso di frenata di emergenza, deve potersi arrestare entro la lunghezza della sezione di blocco.

Infine, per quanto riguarda la manutenzione e la diagnostica, lo studio [7] ha analizzato gli elementi più soggetti a guasti in diversi sottosistemi del rotabile, in modo da favorire lo sviluppo futuro di un sistema capace di assecondare una manutenzione di tipo predittivo e migliorare l'affidabilità del trasporto.

ed that a freight train of 500 m (average operating length) has a low possibility of derailment, provided that all the provisions set out in the manuals are adopted. However, if we go along with the desire to increase the length to the European standard of 750 m, as mentioned above, running safety may no longer be guaranteed, increasing the possibility of derailment. Despite the existence of the P and G braking regimes, which can possibly be combined in the Long Locomotive, as well as the presence of empty-load systems, a significant reduction in unevenness would be achieved through the use of an electropneumatic brake and a dual-conductor system (general and main), which would increase the responsiveness of the brake in both phases. Lastly, most freight wagons use shoe brakes, which are less efficient than their disc counterparts in terms of both the realisation of the braking mechanics and the disposal of the heat developed during mechanical braking.

Finally, the freight wagon fleet, at present, has neither the Electric Car Heating (ECH/REC) nor the pole conduit. In the first case, this does not allow the transfer of electrical energy from the locomotive to the wagons, which can be used for purposes such as transporting refrigerated containers or even just to avoid exceeding temperatures, whether high or low, that could compromise the chemical-physical nature or marketability of the transported product. In the second case, on the other hand, the main disadvantage is that it is not possible to realise a multiple traction of the train with a locomotive at the rear remote-controlled by the head unit. Furthermore, the lack of a two-pipe braking system (general and main) precludes the implementation of the electropneumatic brake, which would make the braking phase more responsive by controlling the braking on each vehicle, as well as a more rapid recharging of the system's capacity during braking.

From an operational point of view, there are also three areas where problems and shortcomings affect the efficiency of the freight system. Starting with the commissioning operations (joining/cutting of vehicles, verification of UIC marking and brake test), the procedures still have a strong manual component, which lengthens the time required to carry them out. In particular, the brake test involves, for different reasons, the visual inspection of the vehicles: these steps require an operator to walk through the entire train twice, which only adds to the time required.

Thus, when operating on the line, PGOS [6] sets the towed mass of a train at 1600 t - which can be derogated to 2500 t on specific lines used by heavy freight traffic - as well as the maximum overall length of the trainset at 700 m, excluding active locomotives and subject to special restrictions requiring a shorter length. In particular, the first parameter mentioned above determines the braking regime to be used on vehicles (P, G or Long Locomotive), while the second determines the minimum braking mass percentage to be met for operation at certain speeds (90 and 100 km/h, in the case of PGOS). With a view to introducing trains up to, theoretically, 4,000 t and 750 m in length, these requirements - assuming safe operation of such trainsets is

4. Gli studi sui treni merci lunghi e pesanti e sul DAC

Nell'ambito dello studio dei treni merci lunghi e pesanti, alcuni risultati interessanti si possono ottenere da [8], i quali verranno poi implementati nel corso delle analisi di questo articolo. In tale studio gli autori hanno mostrato, mediante un'analisi quasi-statica, come la ripartenza da fermo di un treno da 1600 t e da 2500 t – gli attuali limiti imposti dalla PGOS – sia garantita, rispettivamente, fino al grado di prestazione (g.d.p.) 19 e 11. Tale risultato è ottenuto considerando un limite di resistenza a trazione del castelletto pari a 400 kN e un'accelerazione minima prescritta da RFI per la ripartenza da fermo pari a 0.03 m/s² [9]. Inoltre, gli autori, mediante un'analisi dinamica a velocità costante – da 80 a 120 km/h, in linea coi limiti massimi di velocità prescritti dai regimi di circolazione UIC – hanno dimostrato che un treno da 2500 t, con un limite di resistenza a trazione pari a 400 kN, può circolare in sicurezza fino al grado di prestazione (g.d.p.) 10 e 11, a seconda della velocità di marcia.

Successivamente, lo studio [10] ha analizzato, mediante il software di calcolo *TrainDy*, la dinamica longitudinale di un treno merci reale su una linea esistente, impiegando un radio-telecomando tra le locomotive di trazione, nell'ottica di favorire il comando multiplo con le macchine aggiuntive impresenziate, bypassando la mancanza della condotta a poli sui carri merci. In particolare, si considera un treno con tre locomotive, di cui una in testa, una al centro e una in coda, lanciato su una linea in pendenza secondo diverse specifiche situazioni di marcia. I risultati evidenziano come il radiocomando migliori le prestazioni, la sicurezza e l'aumento della massa rimorchiata del treno, sia in termini di dinamica longitudinale che in spazi di frenata. La condizione, ovviamente, è una efficace radio-comunicazione tra le locomotive, poiché in caso di guasto alcune situazioni di marcia possono essere più rischiose rispetto al caso attuale con treni senza radiocomando.

Dunque, lo stesso CANTONE *et al.* hanno analizzato in [3] l'implementazione nel software *TrainDy* del freno elettropneumatico, confrontando la dinamica longitudinale e il rischio di deragliamento tra due tipologie di treni: una, con veicoli ancora equipaggiati con il sistema gancio-repelling; l'altra, con veicoli montanti l'accoppiatore digitale. Inoltre, dal momento che il DAC consente un maggiore sforzo di trazione e di compressione, l'autore studia il comportamento del freno elettropneumatico e del radio-comando su treni più lunghi e pesanti. In definitiva, si dimostra l'applicazione del DAC e dell'EP-brake hanno un forte apporto benefico sulla dinamica longitudinale dei treni, annullando quasi del tutto la probabilità di deragliamento in ogni condizione di massa rimorchiata.

Infine, DJORDJEVIC *et al.* in [11] hanno constatato l'effettivo guadagno di tempo derivante dal DAC durante le operazioni di smistamento in un terminal. Nello specifico, gli autori hanno considerato il caso di un treno da 32 carri in viaggio tra Stoccolma e Göteborg (Svezia), il quale deve ef-

feasible - will need to be modified. In addition, from the point of view of operation, wagons are currently subject to the UIC (RO, S and SS) traffic regimes, which prescribe the maximum permissible axle load, maximum speed, braked mass percentage and mandatory empty/load devices to allow circulation. A further aspect concerns the block sections: these, in fact, have a defined length that is not unambiguous, but depends on the characteristics of the route (curves, gradient, speed) and the performance of the train. The latter, in the event of emergency braking, must be able to stop within the length of the block section.

Finally, as far as maintenance and diagnostics are concerned, the [7] study analysed the most failure-prone elements in different subsystems of the rolling stock, so as to favour the future development of a system capable of supporting predictive maintenance and improving transport reliability.

4. Studies on long and heavy freight trains and DAC

In the context of the study of long and heavy freight trains, some interesting results can be obtained from [8], which will be implemented in the course of the analyses in this paper. In this study, the authors have shown, by means of a quasi-static analysis, that the restart from standstill of a 1600 t and a 2500 t train - the current limits imposed by the PGOS (i.e. Prefazione Generale Orario di Servizio or General Preface to the Service Timetable, by RFI - Rete Ferroviaria Italiana or Italian Railway Network) - is guaranteed up to performance grade (g.d.p., grado di prestazione, identifying the total level of resistance on each stretch of the rail infrastructure on the Italian network) 19 and 11, respectively. This result is obtained by considering a frame tensile strength limit of 400 kN and a minimum acceleration prescribed by RFI for restart from standstill of 0.03 m/s² [9]. In addition, the authors, by means of a dynamic analysis at constant speed - from 80 to 120 km/h, in line with the maximum speed limits prescribed by the UIC traffic regimes - have shown that a 2500 t train with a tensile strength limit of 400 kN can safely run up to performance grade (g.d.p.) 10 and 11, depending on the running speed.

Subsequently, the study [10] analysed, using the *TrainDy* simulation software, the longitudinal dynamics of a real freight train on an existing line, using a radio remote control between the traction locomotives, with a view to favouring multiple control with the additional unmanned locomotives, bypassing the lack of pole conductor on the freight wagons. In particular, we consider a train with three locomotives, one at the front, one in the middle and one at the rear, running on a sloping line according to different specific running situations. The results show that radio control improves the performance, safety and increased towed mass of the train, both in terms of longitudinal dynamics and braking distances. The prerequisite, of course, is effective radio communication between the locomotives,

effettuare una fermata intermedia presso l'hub di Hallsberg. Con il sistema gancio-respingenti, il tempo di permanenza nell'hub per le operazioni di arrivo, smistamento e consegna è calcolato in 105 minuti, mentre con il DAC-4 e DAC-5 (cfr. Fig. 1) tale tempistica si riduce, rispettivamente, a 75 e 65 minuti. Di conseguenza, il tempo medio di percorrenza tra Stoccolma e Göteborg si riduce da 5 a 4,5 e a 4 ore, consentendo un maggiore sfruttamento, in termini di capacità, della tratta che unisce le due località.

5. Piano di migrazione per il DAC e problematiche risolvibili

Nell'ambito della migrazione dal gancio tradizionale con relativo castelletto di trazione al DAC, lo *European DAC Delivery Programme* distingue tra le locomotive e i carri, poiché le strategie di retrofit si diversificano e non di poco. Nel primo caso, appare chiaro come le unità di trazione siano le prime a ricevere l'accoppiatore digitale – di tipo ibrido – per questioni di versatilità, nonché di favorire la fase di transizione tra veicoli con e senza DAC. Ad ogni modo, gli studi condotti dall'EDDP in [12] evidenziano una forte eterogeneità del parco locomotive, sia in termini di età che di tipologia, fattori che potrebbero rallentare il processo di migrazione e per cui è richiesto un gruppo di lavoro coordinatore dedicato.

Per quanto riguarda i carri, invece, l'EDDP in [13] distingue, innanzitutto, i carri dedicati al traffico diffuso (*Core Wagonload System, CWS*) e quelli che non vi interagiscono (*separable transports*), in quanto le relative strategie di retrofit cambiano connotati (Fig. 3). Infatti, nel primo caso, affinché il traffico diffuso funzioni correttamente, non possono sussistere contemporaneamente carri con il DAC e carri con il sistema di trazione dotato di gancio classico per evidenti questioni di compatibilità; pertanto, il retrofit della flotta CWS deve essere concentrato nell'arco di qualche settimana mediante un processo definito *Big Bang*. Al contrario, nel caso dei trasporti separabili, il retrofit può essere graduale poiché i treni tendono a mantenere la stessa composizione nel tempo; ad ogni modo, preso un convoglio da aggiornare, esso deve ricevere il DAC su tutti i veicoli e nella stessa sessione di intervento.

In ultimo, l'EDDP riporta delle considerazioni importanti sull'ubicazione dei centri mobili di retrofit, da installarsi preferibilmente negli hub presso cui opera una determinata impresa ferroviaria, sui requisiti di montaggio del DAC su alcuni carri speciali (ad esempio, i carri bisarca), la cui struttura del telaio potrebbe creare delle difficoltà in fase di retrofit, nonché sui requisiti di montaggio sulle locomotive. Inoltre, trattando del retrofit sui veicoli, con il DAC gli sforzi si trasmettono solo sulla porzione centrale del telaio: pertanto, questa deve essere verificata sia per trasferire lo sforzo di trazione sia quello di compressione.

Per quanto riguarda le problematiche risolte, il DAC incrementa il limite di resistenza a trazione sia a livello

since in the event of a breakdown some running situations can be more risky than in the current case with trains without radio control.

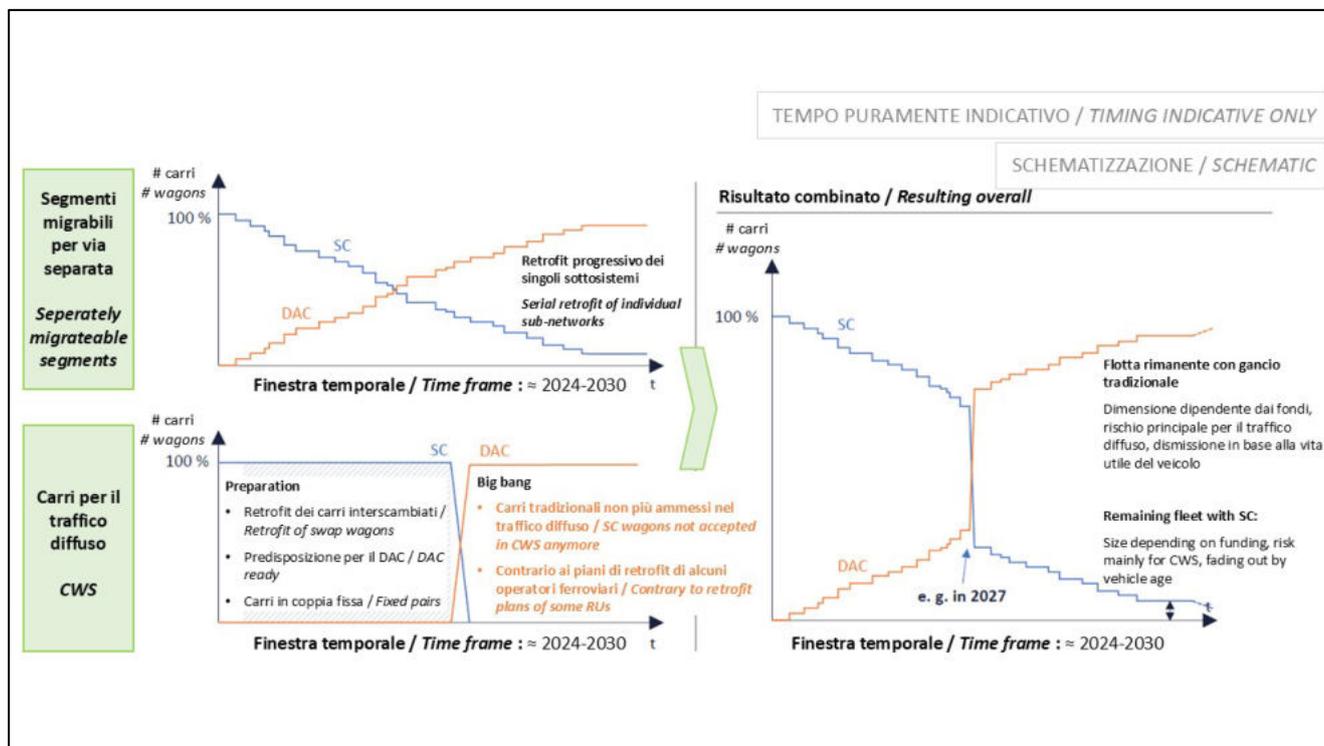
Thus, CANTONE et al. analysed the implementation of the electropneumatic brake in the TrainDy software at [3], comparing the longitudinal dynamics and derailment risk between two types of trains: one, with vehicles still equipped with the hook-restraint system; the other, with vehicles fitted with the digital coupler. Furthermore, since the DAC allows for greater tractive effort and compression, the author studied the behaviour of the electropneumatic brake and radio control on longer and heavier trains. Ultimately, the application of the DAC and EP-brake is shown to have a strong beneficial effect on the longitudinal dynamics of trains, almost eliminating the probability of derailment under all towed mass conditions.

Finally, DJORDJEVIC et al. in [11] observed the actual time gain from DAC during shunting operations at a terminal. Specifically, the authors considered the case of a 32-car train travelling between Stockholm and Gothenburg (Sweden), which has to make an intermediate stop at the Hallsberg hub. With the hook-and-line system, the time spent at the hub for arrival, sorting and delivery operations is calculated to be 105 minutes, whereas with DAC-4 and DAC-5 (see Fig. 1) this time is reduced to 75 and 65 minutes respectively. As a result, the average journey time between Stockholm and Gothenburg is reduced from 5 to 4.5 and 4 hours respectively, allowing greater capacity utilisation of the route between the two locations.

5. Migration plan for DAC and resolvable issues

As part of the migration from the traditional coupler with its traction unit to DAC, the European DAC Delivery Programme (EDDP) distinguishes between locomotives and wagons, as the retrofit strategies differ, and not just a little. In the former case, it is clear that traction units are the first to receive the digital coupler - of the hybrid type - for reasons of versatility, as well as to facilitate the transition phase between vehicles with and without DAC. In any case, studies conducted by EDDP at [12] show a strong heterogeneity of the locomotive fleet, both in terms of age and type, factors that could slow down the migration process and for which a dedicated coordinating team is required.

With regard to wagons, on the other hand, the EDDP in [13] distinguishes, first of all, between wagons dedicated to diffuse traffic (Core Wagonload System, CWS) and those that do not interact with it (separable transports), as the respective retrofit strategies change (Fig. 3). In fact, in the former case, for widespread traffic to function properly, wagons with DAC and wagons with the classic hook traction system cannot exist at the same time due to obvious compatibility issues; therefore, the retrofit of the CWS fleet must be concentrated within a few weeks by means of a process called Big Bang. On the contrary, in the case of separable transports, the retrofit can be gradual since trains



(Fonte - Source: [12])

Figura 3 - Effetto combinato dell'andamento temporale del retrofit per le categorie di carri dedicati e CWS.
 Figure 3 - Combined effect of retrofit time trend for dedicated wagon and CWS categories.

di accoppiamento che di castelletto di trazione, grazie ai 1000 kN di sforzo a snervamento. Inoltre, non si pone più il problema del limite di massa pari a 36 kg, in quanto l'automazione dell'accoppiatore esclude l'intervento di un operatore di terra.

Sull'impianto frenante, invece, il DAC può migliorare indubbiamente la fase di frenatura per mezzo dell'EP-brake, provocando la depressione della condotta generale su ogni veicolo e riducendo, di conseguenza, la disomogeneità sul profilo di frenata tra testa e coda del treno. Tuttavia, in condizione di marcia, non è possibile avere un miglioramento in fase di sfrenatura, poiché il solo colpo di carica e le eventuali locomotive ausiliarie non sono sufficienti a ridurre efficacemente il tempo di ricarica della condotta generale. Pertanto, le soluzioni potrebbero essere: 1) l'aggiornamento dell'impianto frenante con la condotta principale; 2) l'installazione sui carri di serbatoi d'aria che, per mezzo di una valvola comandata dalla logica EP-brake, accelerino la ricarica. In tutti i casi, entrambe le soluzioni comporterebbero degli ulteriori costi da aggiungersi a quelli di installazione del DAC. Infine, per quanto concerne la ridotta percentuale di massa frenata e le prestazioni dei freni a ceppo, l'accoppiatore digitale non è in grado di intervenire in senso stretto, ma sarebbe compito del dentore del carro, come nel caso precedente, aggiornare l'impianto frenante del veicolo.

Successivamente, l'accoppiatore digitale, grazie all'E-energy and data system supply e, sul DAC5, al Distributed

tend to maintain the same composition over time; in any case, if a train to be upgraded is taken, it must receive DAC on all vehicles and in the same session.

Lastly, the EDDP contains important considerations on the location of mobile retrofit centres, which should preferably be installed in the hubs where a particular railway company operates, on the requirements for mounting DAC on certain special wagons (e.g. car transporter wagons), whose chassis structure may create difficulties during retrofitting, and on the requirements for mounting on locomotives. Furthermore, when dealing with retrofitting on vehicles, with the DAC the stresses are transmitted only on the central portion of the chassis: therefore, this must be checked for both tensile and compressive stress transfer.

In terms of the problems solved, the DAC increases the tensile strength limit at both the coupling and the draw frame level, thanks to the 1000 kN yield stress. Furthermore, the problem of the 36 kg mass limit no longer arises, as the automation of the coupler excludes the intervention of a ground operator.

On the braking system, on the other hand, the DAC can undoubtedly improve the braking phase by means of the EP-brake, causing the general conduit to be depressed on each vehicle and consequently reducing the unevenness in the braking profile between the head and tail of the train. However, in running condition, it is not possible to have an improvement in the braking phase, since the charging

Power System, consente lo sviluppo sia di un sistema di sensoristica alimentato continuamente dalla locomotiva, nonché il comando multiplo delle locomotive qualora sia necessario l'utilizzo di una doppia o di una tripla trazione. Dall'altra parte, visti i bassi valori di tensione e potenza garantiti dal collegamento elettrico, non è possibile ottenere un collegamento ad alta tensione da impiegare nell'alimentazione di container refrigerati o per garantire, nel caso, una potenza distribuita, intesa come motori in serie come nel caso degli ETR passeggeri.

Dal punto di vista delle operazioni di messa in servizio, l'adozione del DAC ne favorirebbe l'automazione e, di riflesso, la riduzione dello sforzo fisico richiesto agli operatori di terra. Infatti, la *Train composition and wagon order detection*, oltre ad accoppiare fisicamente i veicoli, verificherebbe in pochi istanti che il treno sia composto con i rotabili giusti e sistemati nella corretta posizione. Pertanto, l'addetto a terra si limiterebbe a controllare il corretto *modus operandi* di tale funzionalità, così come accadrebbe con l'*Automatic brake test*, in cui il serraggio e il rilascio dei freni sarebbe compito della logica DAC, che segnalerebbe eventuali malfunzionamenti.

Dunque, in fase di esercizio, il DAC non favorisce un aumento della velocità di crociera del treno, poiché questo aspetto dipende da altri fattori: stando ai regimi di circolazione UIC, l'esercizio di un rotabile ad una determinata velocità è soggetto alla percentuale di massa frenata, che si può migliorare agendo sui dispositivi di vuoto/carico del veicolo. Questo, tuttavia, è un aspetto che esula dall'introduzione del DAC.

Il fattore sulla sicurezza di esercizio, dall'altra parte, appare più chiaro con le funzionalità *EP-brake* e *Train length and train integrity determination*: infatti, la prima garantirebbe una migliore reattività e l'omogeneità dell'azione frenante e, conseguentemente, favorirebbe degli spazi di frenata ridotti; la seconda, invece, monitorerebbe di continuo la lunghezza del treno, verificando inoltre che nessun veicolo si sia accidentalmente separato dalla colonna di veicoli, dando riscontro effettivo di tutto ciò al macchinista mediante una interfaccia uomo-macchina (un tablet). In particolare, la funzionalità appena citata potrebbe favorire l'introduzione del blocco mobile, ovvero il distanziamento tra due treni successivi calcolato in base alle caratteristiche tecniche e alle prestazioni correnti dei convogli, nota la loro distanza in ciascun istante. Quindi, il controllo di lunghezza e integrità favorirebbe una transizione più veloce verso il blocco mobile, superando quindi le attuali sezioni di blocco fisse e i dispositivi conta-assi.

In ultima istanza, ai fini della diagnostica e della manutenzione, la fornitura elettrica a bassa tensione del DAC aiuterebbe il monitoraggio di quelli elementi critici dei rotabili rilevati in [7], favorendo lo sviluppo della manutenzione predittiva e della telediagnostica, quest'ultima ormai indispensabile per la circolabilità sulle linee AV/AC.

stroke alone and any auxiliary locomotives are not sufficient to effectively reduce the charging time of the general conduit. Therefore, solutions could be: 1) upgrading the braking system with the main line; 2) installing air tanks on the wagons which, by means of a valve controlled by the EP-brake logic, accelerate recharging. In all cases, both solutions would entail additional costs on top of the DAC installation costs. Finally, with regard to the reduced braking mass percentage and the performance of the EP-brakes, the digital coupler is not able to intervene in the strict sense, but it would be up to the wagon keeper, as in the previous case, to update the vehicle's braking system.

Subsequently, the digital coupler, thanks to the Energy and data system supply and, on the DAC5, the Distributed Power System, allows the development of both a sensor system that is continuously supplied by the locomotive, as well as the multiple control of locomotives if double or triple traction is required. On the other hand, due to the low voltage and power values guaranteed by the electrical connection, it is not possible to obtain a high-voltage connection to be used in the supply of refrigerated containers or to guarantee distributed power, in the sense of motors in series as in the case of passenger EMUs.

*From the point of view of commissioning operations, the adoption of DAC would favour automation and, as a consequence, a reduction in the physical effort required of trackside operators. In fact, the Train composition and wagon order detection, in addition to physically coupling the vehicles, would verify in a few moments that the train is composed with the right rolling stock and arranged in the correct position. Therefore, the trackside operator would simply check the correct *modus operandi* of this functionality, as would happen with the Automatic brake test, where the tightening and release of the brakes would be the task of the DAC logic, which would signal any malfunction.*

Thus, during operation, DAC does not favour an increase in the train's cruising speed, since this depends on other factors: according to UIC running regimes, the operation of a rolling stock at a certain speed is subject to the percentage of braked mass, which can be improved by acting on the vehicle's empty/load devices. This, however, is an aspect that is outside the scope of the introduction of DAC.

The factor on operational safety, on the other hand, appears clearer with the EP-brake and train length and train integrity determination functions: the former would ensure better reactivity and homogeneity of the braking action and, consequently, favour shorter braking distances; the latter, on the other hand, would continuously monitor the length of the train, also verifying that no vehicle has accidentally separated from the column of vehicles, giving actual feedback of all this to the driver through a man-machine interface (a tablet). In particular, the above-mentioned functionality could facilitate the introduction of the moving block, i.e. the distance between two subsequent trains calculated on the basis of the technical characteristics and current performance of the trainsets, knowing

6. Prestazioni sulla linea

Effettuata una panoramica tecnica e operativa su quanto attualmente influenza negativamente il trasporto merci ed analizzato qualitativamente quanto potrebbe essere risolto grazie all'adozione del DAC, le analisi di questo paragrafo mirano a valutare se l'accoppiatore digitale sia in grado di migliorare le prestazioni in fase di esercizio sulla linea. In particolare, si vogliono ripercorrere le analisi condotte in [8], implementandole in termini di valori e di risultati, in termini esemplificativi.

In primo luogo, si effettua un'analisi quasi-statica con l'obiettivo di valutare la ripartenza da fermo di un treno su una linea in pendenza, evitando la rottura dell'accoppiatore, con conseguente spezzamento del treno. In particolare, i parametri di influenza su tale tipo di analisi sono:

- i gradi di prestazione, da 1 a 31, secondo le prescrizioni della PGOS;
- i limiti di resistenza sul castelletto di trazione, con particolare attenzione a 850 kN (gancio rinforzato) e 1000 kN (DAC).

Dunque, si calcola il limite massimo di massa rimorchiabile, in funzione del grado di prestazione e del limite di resistenza a trazione, invertendo la relazione:

$$R_g = M \cdot g \cdot \frac{(i+r)}{1000} + M \cdot a_{min,s} \quad (1)$$

nella quale R_g è la resistenza dell'accoppiamento [N], M è la massa rimorchiabile [kg], g è l'accelerazione di gravità [m/s^2], $(i+r)$ sono i coefficienti del grado di prestazione e $a_{min,s}$ è la minima accelerazione allo spunto che deve essere sempre assicurata in fase di ripartenza del treno, pari a $0.03 m/s^2$ per prescrizione RFI [9]. I risultati sono riportati in Fig. 4.

Dalla Fig. 4 si evince che, ammettendo un limite di resistenza a trazione pari a 1000 kN, un treno da 4000 t è in grado di effettuare una ripartenza da fermo fino al g.d.p. 21/22, mentre un treno da 2500 t e da 1600 t fino al 30/31 g.d.p.

Il passo successivo è un'analisi di tipo dinamico, in cui l'obiettivo è quantificare e soddisfare il dispendio energetico richiesto dal treno per l'esercizio a velocità e grado di prestazione costanti. In tal caso, i parametri di influenza sono:

- i gradi di prestazione, da 1 a 31, secondo le prescrizioni della PGOS;
- la velocità di marcia: da 80 a 160 km/h, con step di 5 km/h;
- la massa del treno: 1600 t (limite PGOS standard), 2500 t (limite PGOS con deroga) e 4000 t (treno merci lungo e pesante);
- il numero di locomotive di trazione, da 1 a 3, che si aggiungono alla massa del treno ipotizzando che un'unità di trazione pesi mediamente 90 t.

their distance at each instant. Thus, length and integrity control would favour a faster transition to the moving block, thus overcoming the current fixed block sections and axle-counting devices.

Ultimately, for the purposes of diagnostics and maintenance, the low-voltage electrical supply of the DAC would help the monitoring of those critical elements of the rolling stock detected in [7], favouring the development of predictive maintenance and telediagnosics, the latter now indispensable for the circulation on HS/HC lines.

6. Performance on the line

Having carried out a technical and operational overview of what currently negatively influences freight transport and qualitatively analysed what could be solved by the adoption of DAC, the analyses in this section aim to assess whether the digital coupler is able to improve performance during operation on the line. In particular, it is intended to retrace the analyses conducted at [8], implementing them in terms of values and results, in illustrative terms.

First of all, a quasi-static analysis is carried out with the aim of evaluating the restart from standstill of a train on a sloping line, avoiding the breakage of the coupler, resulting in the breaking of the train. Specifically, the parameters of influence on this type of analysis are:

- performance grades, from 1 to 31, according to PGOS requirements;
- the strength limits on the tensile frame, with a focus on 850 kN (reinforced hook) and 1000 kN (DAC).

So, the maximum towable mass limit is calculated, depending on the performance grade and the tensile strength limit, by inverting the relationship:

$$R_g = M \cdot g \cdot \frac{(i+r)}{1000} + M \cdot a_{min,s} \quad (1)$$

in which R_g is the coupling resistance [N], M is the towable mass [kg], g is the acceleration of gravity [m/s^2], $(i+r)$ are the coefficients of the performance grade and $a_{min,s}$ is the minimum acceleration from standstill that must always be ensured when restarting the train, which is $0.03 m/s^2$ per RFI prescription [9]. The results are shown in Fig. 4.

Fig. 4 shows that, assuming a tensile strength limit of 1000 kN, a 4000 t train is capable of restarting from standstill up to g.d.p. 21/22, while a 2500 t and a 1600 t train up to g.d.p. 30/31.

The next step is a dynamic analysis, where the objective is to quantify and meet the energy expenditure required by the train for operation at constant speed and performance level. In this case, the influencing parameters are:

- performance grades, from 1 to 31, according to PGOS requirements;
- the travel speed: from 80 to 160 km/h, in steps of 5 km/h;

Resistenza gancio / screw resistance [kN] → gdp* ↓	330	400	550	850	1000	
1	4.451	5.395	7.418	11.464	13.487	
2	4.175	5.060	6.958	10.753	12.650	
3	3.931	4.764	6.551	10.124	11.911	
4	3.714	4.501	6.190	9.566	11.254	
5	3.519	4.266	5.866	9.065	10.665	
6	3.344	4.054	5.574	8.615	10.135	
7	3.127	3.790	5.211	8.054	9.475	
8	2.936	3.559	4.893	7.562	8.896	
9	2.744	3.326	4.574	7.068	8.316	
10	2.576	3.123	4.294	6.635	7.806	
11	2.393	2.900	3.988	6.163	7.251	
12	2.234	2.708	3.723	5.754	6.770	
13	2.108	2.555	3.513	5.430	6.388	
14	1.995	2.419	3.326	5.140	6.047	
15	1.905	2.309	3.175	4.907	5.773	
16	1.784	2.162	2.973	4.595	5.405	
17	1.677	2.033	2.795	4.320	5.082	
18	1.568	1.900	2.613	4.038	4.751	
19	1.472	1.784	2.453	3.791	4.460	
20	1.404	1.702	2.340	3.617	4.255	
21	1.348	1.634	2.246	3.472	4.084	
22	1.306	1.583	2.177	3.364	3.957	
23	1.216	1.474	2.027	3.133	3.686	
24	1.170	1.418	1.950	3.013	3.545	
25	1.090	1.321	1.817	2.808	3.303	
26	1.040	1.260	1.733	2.678	3.150	
27	994	1.204	1.656	2.559	3.011	
28	946	1.147	1.577	2.437	2.867	
29	903	1.094	1.505	2.326	2.736	
30	829	1.005	1.382	2.136	2.513	
31	772	936	1.287	1.989	2.340	

LEGENDA / LEGEND

- Treno da 4000 t
4000 t train
- Treno da 2500 t
2500 t train
- Treno da 1600 t
1600 t train

NOTA: il valore 4000 t indica il treno merci lungo e pesante che si vuole realizzare; i valori di 2500 t e 1600 t, invece, sono i valori di riferimento attualmente indicati nella PGOS.

NOTE: 4000 t value refers to the long and heavy haul train that aims to be realised; meanwhile, 2500 t and 1600 t values refer to PGOS' current standards.

*: gradi di prestazione / performance grades

Figura 4 – Analisi quasi-statica in ripartenza da fermo per treni da 1600, 2500 e 4000 t, in funzione della resistenza del castelletto di trazione e dei gradi di prestazione (nella figura: "Il valore di 4000 t indica il lungo treno pesante da implementare; il valori di 2500 e di 1600 t, d'altra parte, sono i valori di riferimento indicati correntemente nella PGOS")
 Figure 4 - Quasi-static analysis in restart from standstill for 1600, 2500 and 4000 tons trains, as a function of traction unit strength and performance grades (in the figure: "The value 4000 t indicates the long and heavy freight train to be implemented; the values 2500 and 1600 t, on the other hand, are the reference values currently indicated in the GPOS").

Quindi, conoscendo massa e numero di locomotive, si calcola lo sforzo di trazione al variare del g.d.p. e della velocità, valutando dove non si superano i 1000 kN:

$$T = \frac{i + r + a + bV^2}{1000} \cdot g \cdot M_{tot} \quad (2)$$

In cui T è lo sforzo di trazione [N], (i + r) sono i coefficienti del g.d.p., a e b sono coefficienti della formula binomia per il calcolo della resistenza specifica areodinamica all'avanzamento V è la velocità del treno [km/h], g è l'accelerazione di gravità [m/s²] e M_{tot} è la massa totale del treno [kg], che comprende la massa delle locomotive. I risultati si possono riassumere in Tab. 2. Ad esempio, supposto un grado di prestazione pari a 29 (quindi resistenza totale 34,2‰) e una massa di 2500 t (2590 considerando la massa della locomotiva), si ottiene uno sforzo di trazione pari a 981.3 kN. Quindi, moltiplicando tale valore per 80/3.6 si ottiene una potenza richiesta di 21,8 MW, quindi tre locomotive a piena potenza continuativa di fatto. Il fatto è che la Tab. 2 non considera la potenza, ma il solo sforzo di trazione se si avesse potenza illimitata (con masse addizionali in base alle locomotive inserite) e si dovesse basare il ragionamento solo sul limite di resistenza del gancio; si potrebbe trainare un convoglio da 2500 t in singola fino al GDP 29. Tuttavia, andando a considerare anche la potenza richiesta dalla massa rimorchiata e confrontandola con

c) the mass of the train: 1600 t (standard PGOS limit), 2500 t (PGOS limit with derogation) and 4000 t (long and heavy freight train);

d) the number of traction locomotives, from 1 to 3, added to the mass of the train assuming that a traction unit weighs on average 90 t.

Then, knowing the mass and number of locomotives, we calculate the tractive effort as a function of g.d.p. and speed, estimating where 1000 kN is not exceeded:

$$T = \frac{i + r + a + bV^2}{1000} \cdot g \cdot M_{tot} \quad (2)$$

In which T is the tractive effort [N], (i + r) are the coefficients of the g.d.p., a and b are coefficients of the binomial formula for calculating the specific aerodynamic resistance V is the speed of the train [km/h], g is the acceleration of gravity [m/s²] and M_{tot} is the total mass of the train [kg], which includes the mass of the locomotives. The results can be summarised in Tab. 2. For example, assuming a performance grade of 29 (thus total strength 34.2‰) and a mass of 2500 t (2590 considering the mass of the locomotive), a tractive effort of 981.3 kN is obtained. Thus, multiplying this value by 80/3.6 yields a power requirement of 21.8 MW, i.e. three locomotives at full continuous power. The fact is that Tab. 2 does not consider power, but only

Tabella 2 – Table 2

Risultati dell'analisi dinamica per le diverse condizioni di carico e di trazione, supposto un limite massimo di resistenza a trazione pari a 1000 kN ed a prescindere dalla potenza disponibile (v. Fig. 5)
Results of the dynamic analysis for the different load and tensile conditions, assuming a maximum tensile strength limit of 1000 kN and regardless of the available power (see Fig. 5)

Massa rimorchiata [t] <i>Towed mass [t]</i>	Condizione di trazione <i>Traction condition</i>	GDP massimo a 80 km/h <i>Maximum GDP at 80 km/h</i>	$i + r_c$ [%] <i>[%]</i>	GDP massimo a 160 km/h <i>Maximum GDP at 160 km/h</i>	$i + r_c$ [%] <i>[%]</i>
1600	Singola <i>Single</i>	31	40,5	31	40,5
1600	Doppia <i>Double</i>	31	40,5	31	40,5
1600	Tripla <i>Triple</i>	31	40,5	31	40,5
2500	Singola <i>Single</i>	29	34,2	27	30,8
2500	Doppia <i>Double</i>	28	32,5	26	29,3
2500	Tripla <i>Triple</i>	27	30,8	24	25,7
4000	Singola <i>Single</i>	19	19,8	15	14,6
4000	Doppia <i>Double</i>	19	19,8	14	13,8
4000	Tripla <i>Triple</i>	18	19,8	14	13,8

quella fornita dalle locomotive Vectron, in Fig. 5 si riscontra come tale condizione non sia minimamente raggiungibile. Infatti, osservando la Fig. 5, con una locomotiva da 5.2 MW in singola trazione si arriva solo al I GDP, oltre occorre ricorrere alla trazione multipla.

Per stabilire l'effettiva bontà della soluzione DAC nell'esercizio di un treno in linea è necessario calcolare la potenza di trazione mediante la relazione:

$$P = T \cdot \left(\frac{V}{3,6}\right) \cdot 10^{-6} \tag{3}$$

In cui P è la potenza [MW], T è lo sforzo di trazione [N] e V la velocità [km/h]. Inoltre, utilizzando i dati tecnici di due locomotive reali Siemens Vectron (Tab. 3), si valuta se la prestazione del treno, fissati il g.d.p., il numero di locomotive (che per disposizioni PGOS non può eccedere le tre unità) e la velocità, può essere soddisfatta dalle locomotive o macchine di trazione. Questo è ottenuto mediante un problema di minimo in Excel (Fig. 5) in cui il valore 4 è sintomo del fatto che, per soddisfare la specifica prestazione, sono necessarie almeno quattro unità.

La seconda parte dell'analisi dinamica ha lo scopo di valutare se la linea elettrica di alimentazione, in particolare quella della rete convenzionale a 3000 V in c.c., è in grado di soddisfare la potenza richiesta dal treno per la sua marcia. Utilizzando gli stessi parametri della prima parte, si calcola la potenza specifica del treno supponendo che le sottostazioni elettriche siano dislocate, in via cautelativa, ogni 15 km:

tractive effort if you had unlimited power (with additional masses depending on the locomotives inserted) and if the reasoning were based solely on the resistance limit of the hook; a 2500 t convoy in single up to GDP 29 could be pulled. However, if we also consider the power required by the towed mass and compare it with that provided by the Vectron locomotives, Fig. 5 shows that this condition is not at all achievable. In fact, looking at Fig. 5, with a 5.2 MW locomotive in single traction only GDP I can be reached, beyond which multiple traction is required.

To establish the actual goodness of the DAC solution in the operation of a line train, it is necessary to calculate the traction power by means of the relationship:

$$P = T \cdot \left(\frac{V}{3,6}\right) \cdot 10^{-6} \tag{3}$$

Where P is the power [MW], T is the tractive effort [N] and V is the speed [km/h]. Furthermore, using the technical data of two real Siemens Vectron locomotives (Tab. 3), it is assessed whether the performance of the train, fixed the g.d.p., the number of locomotives (which by PGOS provisions cannot exceed three units) and the speed, can be satisfied by the locomotives or traction machines. This is achieved by means of a minimum problem in Excel (Fig. 5) in which the value 4 indicates that at least four units are required to meet the specified performance.

The second part of the dynamic analysis is aimed at assessing whether the power supply line, in particular that of the conventional 3000 V DC network, is able to meet

Tabella 3 – Table 3

Caratteristiche tecniche delle locomotive Siemens Vectron utilizzate per confrontare la potenza richiesta dal treno con quella erogabile dalle macchine (Fonte: [14])

Technical characteristics of Siemens Vectron locomotives used to compare the power required by the train with the power that can be delivered by the machines (Source: [14])

Tipologia di locomotiva <i>Type of locomotive</i>	Classificazione RFI <i>RFI Classification</i>	Massa [t] <i>Mass [t]</i>	Tensioni operative [V] <i>Operating voltages [V]</i>	Potenza Massima [MW] <i>Maximum power [MW]</i>	Velocità massima [km/h] <i>Maximum speed [km/h]</i>
Siemens Vectron DC InRail	E191	80	3 kV DC 1,5 kV DC	5,2	160
Siemens Vectron MS InRail	E193	90	3 kV DC 1,5 kV DC 25 kV – 50 Hz AC 15 kV – 16,7 Hz AC	6,4	160

$$P_s = \frac{P}{15} \quad (4)$$

in cui P_s è la potenza specifica [MW/km] e P la potenza richiesta al tiro [MW]. Sapendo che la rete a 3000 V in c.c. fissa il limite di potenza specifica a 0,7 MW/km, si calcola il numero massimo di treni - o capacità C - che possono impegnare il tratto compreso tra due sottostazioni. Questo si ottiene arrotondando per difetto l'espressione:

$$C = \frac{0,7}{15} \quad (5)$$

Con un treno da 4000 t, 0,7 MW/km risulta un limite di potenza specifica piuttosto basso, che consente il passaggio di un solo treno fino a 90 km/h e con bassi gradi di prestazione. Dunque, si è valutato fino a quale limite di P_s si può ottenere il passaggio di un treno pesante a 120 km/h fino al g.d.p. 10: questo è ottenuto impostando una potenza specifica pari a 1,5 MW/km.

7. Richiamo di analisi costi-benefici in letteratura ed applicazione di analisi multicriteri

Analizzate le possibilità di risoluzione delle problematiche tecniche e operative attraverso le funzionalità del DAC, si vuole valutare l'effettiva applicabilità dell'accoppiatore digitale su piccola e larga scala anche sotto altri punti di vista oltre a quello funzionale. Innanzitutto, è possibile effettuare una stima dei costi associati all'installazione del DAC sull'intera flotta di carri e locomotive (Tab. 4), utilizzando le informazioni fornite in [15].

È facile rendersi conto di come l'implementazione del DAC su una così larga flotta di veicoli abbia dei costi particolarmente rilevanti, i quali necessitano di una giustificazione plausibile, foss'anche di strategia per il mercato del trasporto ferroviario delle merci, per il loro esborso.

A tale scopo, l'analisi costi-benefici formulata in [15], nel caso del DAC4, dà esito positivo sia nel breve periodo

the power required by the train to run. Using the same parameters as in the first part, the specific power of the train is calculated assuming that the electrical substations are located, as a precaution, every 15 km:

$$P_s = \frac{P}{15} \quad (4)$$

where P_s is the specific power [MW/km] and P is the power required to pull [MW]. Knowing that the 3000 V DC network sets the specific power limit at 0.7 MW/km, the maximum number of trains - or capacity C - that can engage the section between two substations is calculated. This is obtained by rounding down the expression:

$$C = \frac{0,7}{15} \quad (5)$$

With a 4,000 t train, 0.7 MW/km is a rather low specific power limit, allowing the passage of a single train up to 90 km/h and with low performance grades. Therefore, it was evaluated up to which P_s limit the passage of a heavy train at 120 km/h up to g.d.p. 10 can be achieved by setting a specific power of 1.5 MW/km.

7. Recall of cost-benefit analyses in the literature and application of multi-criteria analysis

Having analysed the possibilities of solving technical and operational problems through the functionality of DAC, we want to assess the actual applicability of the digital coupler on a small and large scale from other points of view besides the functional one. First of all, it is possible to estimate the costs associated with the installation of DAC on the entire fleet of wagons and locomotives (Tab. 4), using the information provided in [15].

It is easy to see how the implementation of DAC on such a large fleet of vehicles has particularly high costs, which require a plausible justification, if only a strategy for the rail freight market, for their outlay.

Tabella 4 – Table 4

Stima dei costi associati all'installazione del DAC sui veicoli [15]
Estimated costs associated with installing DAC in vehicles [15]

VEICOLO VEHICLE	Costo DAC per veicolo [€/veicolo] Cost Vehicle DAC [€/vehicle]	Costo ausiliari DAC [€/veicolo] DAC auxiliary cost [€/vehicle]	Costo manodopera [€/veicolo] Labour cost [€/vehicle]	Costo totale per veicolo [€/veicolo] Total cost per vehicle [€/vehicle]	Quantità di veicoli [-] Number of vehicles [-]	Costo totale flotta [Mld di €] Total Fleet Cost [billion €]	TOTALE [Mld di €] TOTAL [billion €].
Carro Wagon	20.000 (2 x DAC classico) 20.000 (2 x classic DAC)	5000	3000	28.000	460.000	12,880	13,807
Locomotiva Locomotive	40.000 (2 x DAC ibrido) 40.000 (2 x hybrid DAC)	/	5000	45.000	20.600	927	

(2028-2037) sia nel lungo periodo (2028-2057), in quest'ultimo caso con un tasso interno di rendimento pari al 19%. Ad ogni modo, come affermato dai redattori, tale analisi risulta incompleta a causa di fattori come la ridotta qualità dei dati, nonché la previsione dei volumi di trasporto basata unicamente su un obiettivo politico e non su dati tangibili.

Ad ogni modo, l'analisi costi-benefici non è in grado di mettere in relazione aspetti con unità di misura differenti dal denaro, come la qualità della sicurezza o la riduzione dei tempi di trasporto, nonché il miglioramento delle prestazioni tecniche di un rotabile. Pertanto, si adotta l'analisi multicriteri (AMC), con lo scopo di considerare sia gli aspetti economici che funzionali associati alla tecnologia DAC, in modo da ottenere un quadro più completo per prendere la decisione finale. Nella fattispecie dello studio, si è adoperato il metodo Electre II per effettuare il confronto tra tre alternative sulla base di sei criteri decisionali, riportati in Tab. 5.

Per quanto concerne la costruzione dei i criteri, si assume che:

- in g_1 , un treno da 4000 t sia composto da 35 carri, mentre uno da 2500 t, in proporzione, sia composto da 22 carri;
- in g_2 , un treno con DAC richieda di un'ora di preparazione, mentre uno senza ne richieda tre;
- in g_3 , si utilizzano i costi riportati in Tab. 4;
- in g_4 , g_5 e g_6 , la valutazione dell'alternativa a_2 si ottiene con una media pesata tra i voti delle altre due alternative.

Quindi, si ottiene la matrice di decisione, con i pesi relativi a ciascun criterio, riportata qui di seguito (Tab. 6).

In ultima analisi, prima di far girare il software, si scel-

To this end, the cost-benefit analysis formulated in [15], in the case of DAC4, yields positive results both in the short term (2028-2037) and in the long term (2028-2057), in the latter case with an internal rate of return of 19%. However, as stated by the editors, this analysis is incomplete due to factors such as the low quality of the data, as well as the forecast of transport volumes based solely on a political objective and not on tangible data.

However, cost-benefit analysis is not able to relate aspects with units other than money, such as safety quality or reduction of transport time, as well as improvement of the technical performance of a rolling stock. Therefore, multi-criteria analysis (MCA) is adopted, with the aim of considering both economic and functional aspects associated with DAC technology in order to obtain a more complete picture for making the final decision. In the case of this study, the Electre II method was used to compare three alternatives on the basis of six decision criteria, shown in Tab. 5.

With regard to the construction of the criteria, it is assumed that:

- *in g_1 , a 4000 t train would consist of 35 wagons, while a 2500 t train would proportionally consist of 22 wagons;*
- *in g_2 , a train with DAC requires one hour of preparation, while one without requires three;*
- *in g_3 , the costs shown in Tab. 4 are used;*
- *in g_4 , g_5 and g_6 , the evaluation of alternative a_2 is obtained by a weighted average between the grades of the other two alternatives.*

Hence, we obtain the decision matrix, with weights for each criterion, shown below (Tab. 6).

Ultimately, before running the software, the following

Tabella 5 – Table 5

Elenco e descrizione delle alternative e dei criteri per l'analisi multicriteri
List and description of alternatives and criteria for multi-criteria analysis

Alternativa <i>Alternative</i>	Descrizione <i>Description</i>	Criterio <i>Criterion</i>	Descrizione <i>Description</i>	Scala di misura <i>Scale of measurement</i>
a ₁	Retrofit di tutta la flotta (460.000 carri) <i>Retrofit of the entire fleet (460,000 wagons)</i>	g ₁	Numero di treni componibili <i>Number of modular trains</i>	-
a ₂	Retrofit della flotta a traffico diffuso (210.000 carri) <i>Retrofit of the diffuse traffic fleet (210,000 wagons)</i>	g ₂	Ore totali per la messa in servizio di tutti i treni <i>Total hours for the commissioning of all trains</i>	h
a ₃	Nessun retrofit (0 carri) <i>No retrofit (0 carts)</i>	g ₃	Costi per il retrofit della flotta <i>Fleet retrofit costs</i>	Milioni di € <i>Million €</i>
		g ₄	Qualità del trasporto <i>Transport quality</i>	Scala di valori da 1 a 10 <i>Scale of values from 1 to 10</i>
		g ₅	Utilizzo del telecomando <i>Using the remote control</i>	Scala di valori da 1 a 10 <i>Scale of values from 1 to 10</i>
		g ₆	Utilizzo dell'EP-brake <i>Using the EP-brake</i>	Scala di valori da 1 a 10 <i>Scale of values from 1 to 10</i>

Tabella 6 – Table 6

Matrice di decisione implementata nel software Electre II
Decision matrix implemented in Electre II software

	g ₁	g ₂	g ₃	g ₄	g ₅	g ₆
W	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
a ₁	-13143	-13143	-12880	9	10	10
a ₂	-17364	-40092	-5800	6,283	6,739	4,565
a ₃	-20909	-62727	-0	4	4	0

gono i tre parametri fondamentali seguenti per la risoluzione del problema.

- I tre livelli dell'indice di concordanza: si sceglie $c^- = \frac{2}{3}$, $c = 0,7$, $c^+ = \frac{3}{4}$. In particolare, il primo e l'ultimo valore sono, rispettivamente, la soglia debole e forte, mentre il secondo è un valore intermedio tra i due, affinché si soddisfi $0,5 \leq c^- \leq c \leq c^+ \leq 1$.
- Gli indici di discordanza: $d^- = 0,25$, $d^+ = 0,5$, affinché si soddisfi $0 \leq d^- \leq d^+ \leq 1$.
- Il massimo numero di cicli da rimuovere, pari a 30 come default del software.

Dai risultati dell'AMC emerge che, in base ai pesi arbitrariamente attribuiti a ciascun criterio, dove è stata data prevalenza all'ottimizzazione della capacità ferroviaria, la soluzione preferibile sia il retrofit completo della flotta dei carri con il DAC, a cui segue il retrofit parziale sulla flotta a traffico diffuso, e infine la soluzione che non prevede alcun retrofit. In altre parole, l'AMC suggerisce l'applicabilità sulla larga scala, che viene preferita all'applicabilità sulla piccola scala. Tale soluzione si può dimostrare con un'analisi di sensitività, in cui si varia il peso associato a ciascun

three fundamental parameters are chosen to solve the problem.

- *The three levels of the concordance index: $c^- = \frac{2}{3}$, $c = 0,7$, $c^+ = \frac{3}{4}$ is chosen. In particular, the first and last values are the weak and strong thresholds respectively, while the second is an intermediate value between the two, in order for $0,5 \leq c^- \leq c \leq c^+ \leq 1$ to be satisfied.*
- *The indices of discordance: $d^- = 0,25$, $d^+ = 0,5$, in order to satisfy $0 \leq d^- \leq d^+ \leq 1$.*
- *The maximum number of cycles to be removed is 30 as the software default.*

The AMC results show that, according to the weights arbitrarily assigned to each criterion, where the optimisation of railway capacity was given preference, the preferred solution is the complete retrofit of the wagon fleet with DAC, followed by the partial retrofit on the diffuse-traffic fleet, and finally the solution with no retrofit at all. In other words, the AMC suggests large-scale applicability is preferred to small-scale applicability. This can be demonstrated with a sensitivity analysis, in which the weight associat-

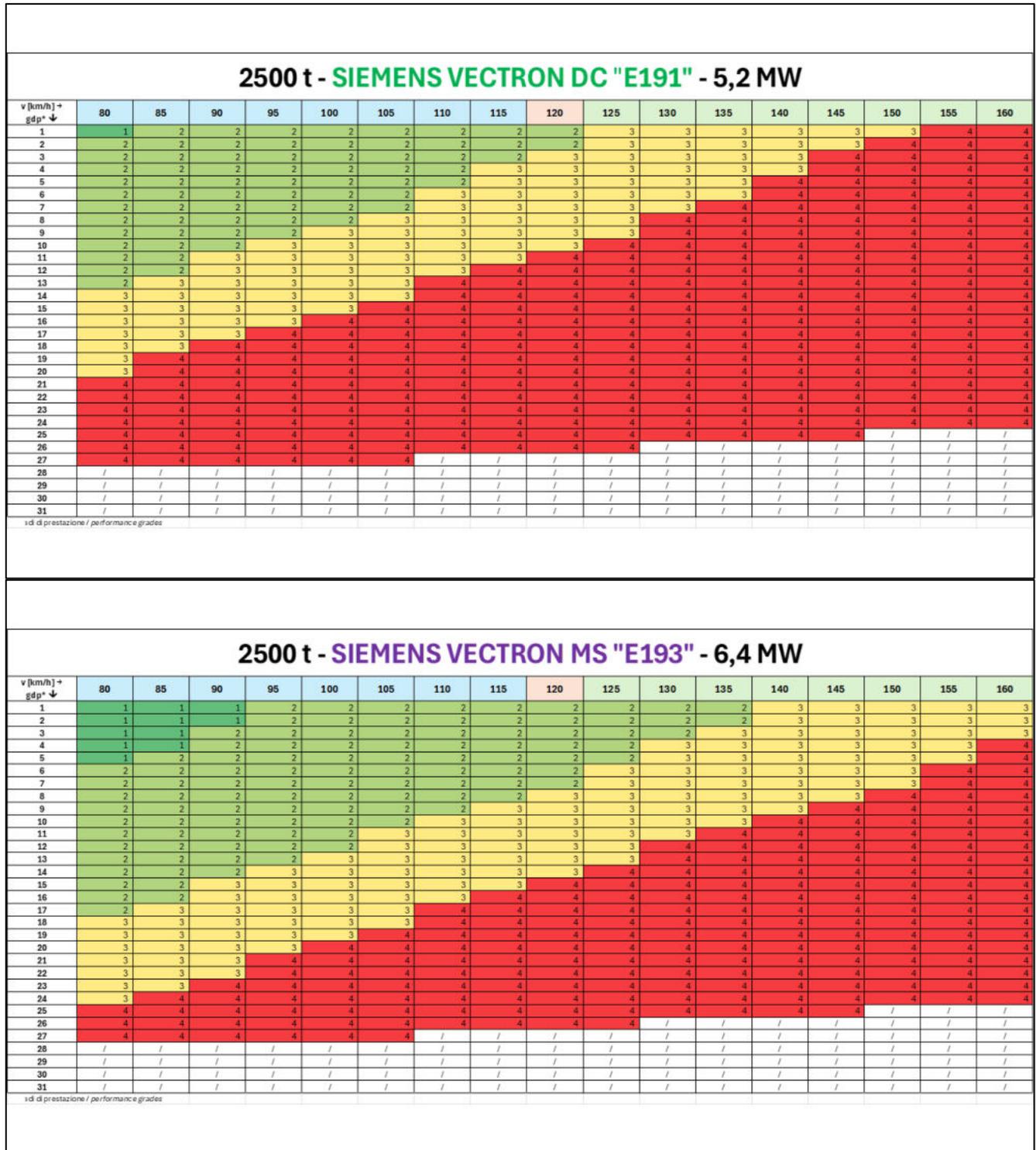


Figura 5 – Numero di locomotive E191 (in alto) ed E193 (in basso) necessarie per il tiro di un convoglio a grado di prestazione e velocità fissati, condizione di carico 4000 t.
 Figure 5 - Number of locomotives E191 (top) and E193 (bottom) required to pull a convoy at a set performance grade and speed, load condition 4000 t.

critero per vedere se la soluzione finale: nella fattispecie, ed with each criterion is varied to see if the final solution: si dimostra che l'AMC rimane stabile ad eccezione del caso in this case, it is shown that the AMC remains stable with riportato in Fig. 5, in cui si massimizza il criterio dei costi, the exception of the case shown in Fig. 5, in which the cost

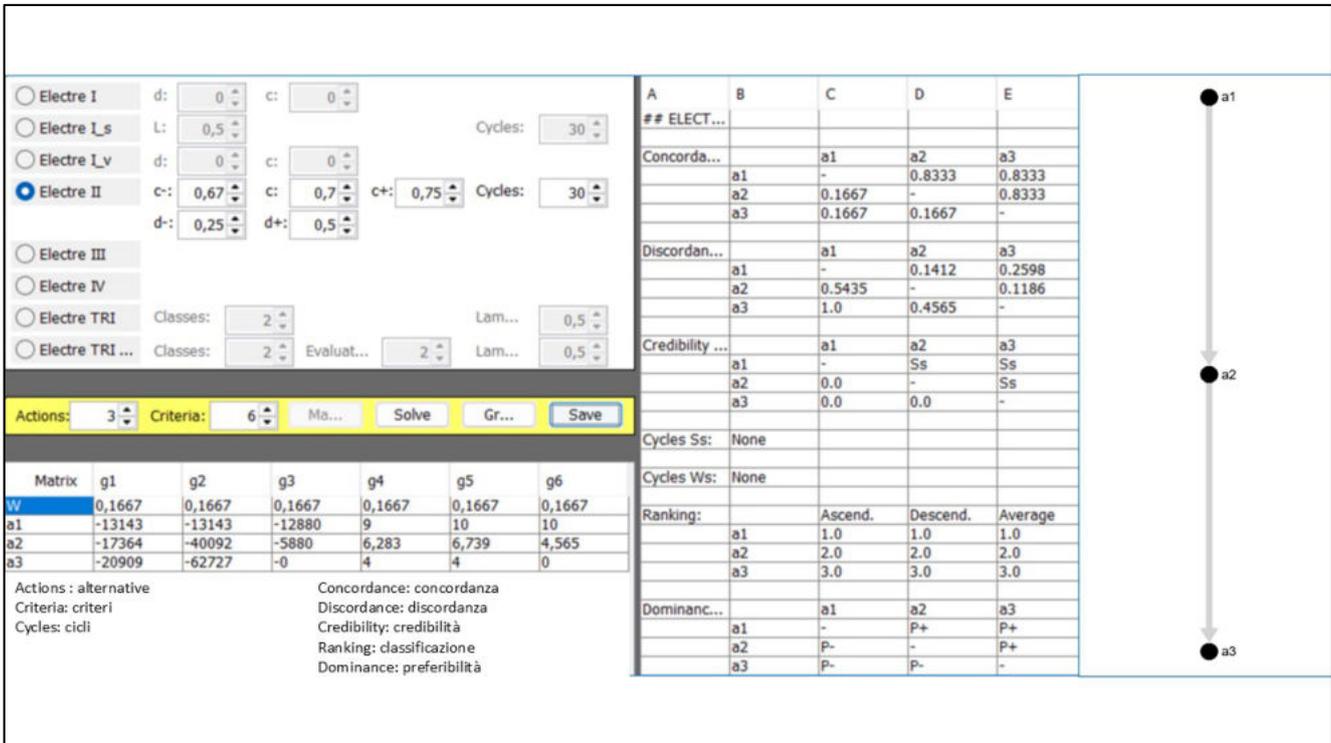


Figura 6 – Risultati AMC con i pesi riportati nella matrice di decisione.

Figure 6 - AMC results with weights in the decision matrix.

ed emerge come le tre alternative sono tutte sullo stesso livello (Fig. 6, Fig. 7).

critera is maximised, and it emerges that the three alternatives are all on the same level (Fig. 6, Fig. 7).

8. Conclusioni

8. Conclusions

Per quanto concerne l'applicabilità del DAC, il dispositivo è in grado di risolvere completamente undici delle sedici problematiche riscontrate (dunque, il 69%), lasciando tre ancora parzialmente risolte e due senza margini di soluzione. In particolare, oltre a facilitare le operazioni di messa in servizio, automatizzandole quasi del tutto, l'ambito in cui il DAC sviluppa a pieno il suo potenziale è quello relativo all'esercizio in linea di un treno merci. Infatti, grazie alle funzionalità EP-brake (limitato alla sola fase di frenatura), Distributed power system e Train length and train integrity determination, l'accoppiatore automatico digitale consente un indubbio miglioramento in termini di prestazione e di sicurezza, fattori in cui il traffico merci, attualmente, risulta abbastanza carente.

As far as the applicability of DAC is concerned, the device is able to completely resolve eleven of the sixteen problems encountered (i.e. 69%), leaving three still partially resolved and two with no margin for solution. In particular, in addition to facilitating commissioning operations, by automating them almost completely, the area in which the DAC develops its full potential is that of the on-line operation of a freight train. In fact, thanks to the EP-brake (limited to the braking phase only), Distributed power system and Train length and train integrity determination functionalities, the digital automatic coupler allows an undoubted improvement in terms of performance and safety, factors in which freight traffic is currently quite deficient.

Trattando dei limiti, per contro, si nota come le problematiche con soluzione parziale o inesistente dipendono, per la maggior parte, da fattori esterni alla concezione del DAC. Pertanto, tali complicazioni – come, ad esempio, la mancanza della condotta elettrica ad alta tensione o della condotta principale – richiedono degli ulteriori interventi, con annessi costi extra, indipendentemente dall'attuazione o meno dell'accoppiatore digitale. Lo stesso discorso vale per le prestazioni in linea del treno, in cui si è visto

Dealing with limitations, on the other hand, it can be seen that problems with partial or no solution depend, for the most part, on factors external to the DAC's design. Therefore, such complications - as, for example, the lack of the high-voltage electrical conduit or the main conduit - require additional interventions, with associated extra costs, regardless of whether the digital coupler is implemented or not. The same applies to the train's line performance, where we have seen how the DAC is able to raise the max-

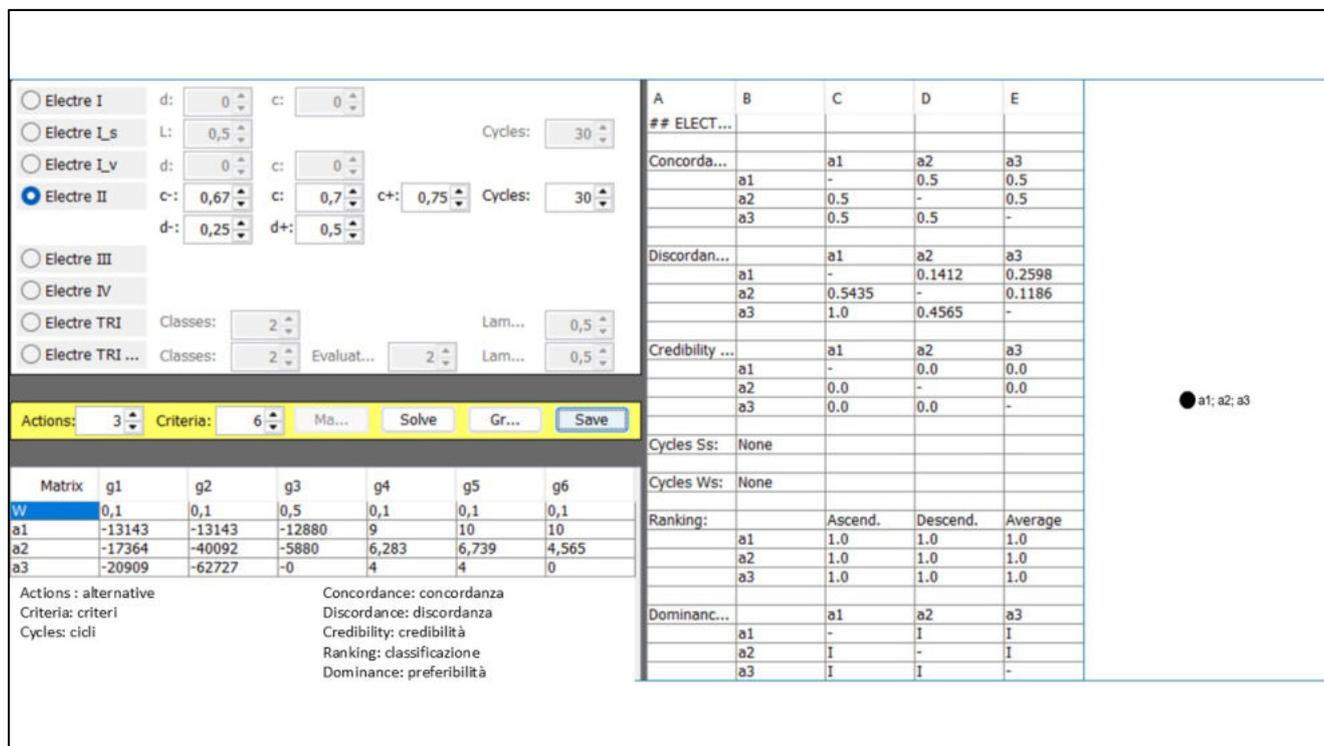


Figura 7 - Analisi di sensitività con la massimizzazione dei costi di retrofit (criterio g_3).

Figure 7 - Sensitivity analysis with retrofit cost maximisation (g_3 criterion).

come il DAC sia in grado di alzare il limite massimo di resistenza a trazione, ma per contro le potenze in gioco, dovute all'aumento della massa rimorchiata, sono a volte non assecondabili dalla potenza erogata dalle locomotive oppure dalla capacità elettrica della linea ferroviaria.

In termini di attuabilità su piccola e larga scala, il traffico diffuso è indubbiamente il sistema di trasporto che otterrebbe i benefici maggiori dall'applicazione del DAC, dal momento che si velocizzerebbero le operazioni di smistamento dei carri e di messa in servizio dei treni, profilando un futuro rilancio di questo sistema nei paesi in cui è stato abbandonato per motivi di gestione e di costi. Ad ogni modo, i vantaggi della tecnologia DAC non si esauriscono alla sola messa in servizio, ma si estendono anche ad aspetti sulla sicurezza e alla diagnostica, che giustificano l'attuabilità anche sulla larga scala.

In ultimo, a contorno di tutte le analisi, è chiaro che l'ingente ammontare dei costi crea più di qualche perplessità e, attualmente, è ancora oggetto di dibattito soprattutto per chiarire se le spese saranno a carico dei soli detentori dei carri o anche dei governi nazionali. Comunque, anche grazie ai risultati dell'analisi multicriteri, la spesa appare per certi ambiti giustificabile per introdurre la tecnologia DAC su larga scala e rendere efficiente un sistema di trasporto troppo spesso trascurato, che oggi rappresenta, al contrario, la chiave verso un'economia più sostenibile.

imum limit of traction resistance, but on the other hand, the powers involved, due to the increase of the towed mass, are sometimes not accommodated by the power delivered by the locomotives or the electrical capacity of the railway line.

In terms of feasibility on a small and large scale, diffused or single wagon traffic is undoubtedly the transport system that would obtain the greatest benefits from the application of DAC, since it would speed up wagon marshalling and train commissioning operations, profiting from a future revival of this system in countries where it has been abandoned for management and cost reasons. In any case, the advantages of DAC technology do not end with commissioning alone, but also extend to safety aspects and diagnostics, which justify its feasibility on a large scale as well.

Finally, as a side note to all the analyses, it is clear that the large amount of costs creates more than a few perplexities and, at present, is still the subject of debate, especially as to whether the costs will be borne by wagon keepers alone or also by national governments. However, also thanks to the results of the multi-criteria analysis, the expenditure appears, for some contexts, justifiable in order to introduce DAC technology on a large scale and make an all too often neglected transport system efficient, which today, on the contrary, represents the key to a more sustainable economy.

BIBLIOGRAFIA – REFERENCES

- [1] Commissione Europea (2019), “Green Deal Europeo”.
- [2] EuRail (2021), “Europe’s Rail Joint Undertaking - Multi-Annual Work Programme”.
- [3] CANTONE L., DURAND T., OTTATI A., RUSSO G., TIONE R. (2022), “The Digital Automatic Coupler (DAC): An Effective Way to Sustainably Increase the Efficiency of Freight Transport in Europe”, *Sustainability*, n. 14 (15671), pp. 1-11.
- [4] Dellner (2024), “Datasheet DAC ibrido e classico”.
- [5] Ente Normativo Europeo (2016), “EN 15566”. CEN (2016), EN 15566:2016, Railway applications - Railway rolling stock - Draw gear and screw coupling.
- [6] RFI (2010), “Manuale di Mestiere: Prefazione Generale all’Orario di Servizio”.
- [7] PITRUZZELLA V. I., BRUNO F., DALLA CHIARA B., BOTELLO A. (2016), “Elementi critici dei veicoli ferroviari per trasporto merci - Proposta di un metodo di analisi per la diagnostica e la manutenzione”, *La Tecnica Professionale*, n. 11, pp. 4-27.
- [8] CARBONI A., BONI G., DALLA CHIARA B. (2022), “Treni merci lunghi e pesanti in esercizio: analisi sulla resistenza dei ganci ed evidenze sperimentali sugli effetti termici in frenatura”, *Ingegneria Ferroviaria*, LXXVII, n. 1, pp. 23-40.
- [9] RFI (2005), “Specifica per la definizione dei parametri tecnici necessari alla determinazione della prestazione massima dei mezzi di trazione e la percorrenza dei treni”.
- [10] CANTONE L. (2022), “Simulation of freight trains with up to three traction units in radio communication”, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, n. 1214 (012039), pp. 1-12.
- [11] DJORDJEVIC B., KORDNEJAD B., KRMAC E., BERGSTRAND J. (2025), “Quantifying the impacts of digital automatic coupling on rail freight in Europe: Overview and case studies”, Elsevier, n. 60, pp. 1-13.
- [12] European DAC Delivery Programme (2022), “1st DP-Rail and DAC Workshop – Presentation”.
- [13] European DAC Delivery Programme (2023), “EDDP @ Fermerci – Presentation”.
- [14] LOPALCO A. (2021), “Vectron – The locomotive from Siemens for Europe”.
- [15] European DAC Delivery Programme (2023), “Cost Benefit Analysis – Presentation”.



La qualità è il nostro viaggio quotidiano.

ISOTRACK 

la divisione trasporti di ISOIL Industria Spa offre **soluzioni di qualità** da oltre vent'anni in ambito ferroviario.

LE NOSTRE APPLICAZIONI

- Treni ad Alta Velocità, Regionali e Mezzi d’Opera;
- Trasporto urbano su rotaia (metropolitane e tram) e gomma (autobus);
- Sistemi di sicurezza a bordo dei veicoli fino a SIL4.

SERVIZI DI QUALITÀ

- Riparazione qualificata della nostra strumentazione;
- Aggiornamento firmware display;
- Qualifica prodotti per sistemi Ready-to-Use;
- Supporto e consulenze per applicazioni specifiche.





www.isoil.it



Cinisello Balsamo - Milano (Italy)
Via Fratelli Gracchi, 27
tel. +39 0266027.1 - fax +39 026123202
vendite@isoil.it



ISOIL
INDUSTRIA
Le soluzioni che contano

Cerimonia di consegna delle Borse di Studio bandite nell'anno 2024

(Stefano LEONETTI)

Il 4 luglio 2025, presso il Museo Nazionale Ferroviario di Pietrarsa si è svolta la giornata del CIFI organizzata dal Collegio (Fig. 1).

Il Segretario Generale del CIFI, Ing. Valerio GIOVINE ha dato il benvenuto ai convenuti, ringraziato l'Ing. Luigi CANTAMESSA, che non ha potuto partecipare alla Cerimonia e il Direttore Generale del Museo di Pietrarsa, Oreste ORVITTI, per aver sostenuto il Collegio nella realizzazione dell'Evento.

Il Presidente del Collegio Ing. Gianpiero STRISCIUGLIO per motivi isti-

tuzionali non ha potuto prendere parte alla manifestazione.

L'Ing. Valerio GIOVINE ha dato inizio alla cerimonia con la premiazione ai Soci che hanno raggiunto i 40 anni di associazione (1985/2025) a cui è stato dedicato un orologio personalizzato (Fig. 2).

I soci presenti erano: Gennaro BERNARDO, Bortolo CARLA', Paolo GENOVESI, Gianpiero MASTINU, Paolo PALLOTTA.

Analogo riconoscimento verrà consegnato ai soci non presenti: Mau-

rizio GENTILE, Michele PANTALEO, Daniele SEGLIAS.

BORSE DI STUDIO CONSEGNATE:

L'Ing. Matteo TRIGLIA Presidente della Commissione Borse di Studio e Presidente CIFI Servizi, Società Controllata del Collegio, ha consegnato il premio ai seguenti vincitori (Fig. 3):

A - Borsa di studio PLASSER di € 1.000,00, per la migliore Tesi di Laurea Magistrale in Ingegneria



Figura 1 – I partecipanti all'evento del 4 luglio a Pietrarsa.



Figura 2 – I Soci Anziani presenti alla premiazione.



Figura 3 – Consegna della Borsa di Studio a una vincitrice.



Figura 4 – Consegna del Premio per il Migliore articolo sulla rivista Ingegneria Ferroviaria 2024.

o Specialistica in Ingegneria su argomento attinente all'infrastruttura ferroviaria con carattere applicativo, è stato assegnato il premio al:

- Dott. Ing. Lorenzo BARTEMUCCI, per la Tesi di Laurea dal titolo:
"Studio dell'efficienza energetica di una linea ferroviaria elettrificata"

B - Borsa di studio MATISA di € 1.000,00, per la migliore Tesi di Laurea Magistrale in Ingegneria o Specialistica in Ingegneria su argomento attinente alla manutenzione dei veicoli ferroviari, è stato assegnato il premio al:

- Dott. Ing. Danilo DI MICELI, per la Tesi di Laurea dal titolo:
"Analisi del progetto di revamping di un mezzo d'opera della flotta di RFI in relazione a parametri manutentivi".

D - Borsa di Studio SAFFI di € 1.000,00, per la migliore Tesi di Laurea Magistrale o Specialistica in ingegneria su argomento attinente all'esercizio, all'innovazione e alla

manutenzione del materiale rotabile, è stato assegnato il premio al:

- Dott. Ing. Francesco TARULLI, per la Tesi di Laurea dal titolo:
"Treno a fuel cell: studio di fattibilità e analisi delle prestazioni".

E - Borsa di studio LANCIA di € 1.500,00, per la migliore tesi di laurea Magistrale o Specialistica in ingegneria sulle problematiche trasportistiche inerenti alla circolazione ferroviaria, è stato assegnato il premio alla:

- Dott.ssa Ing. Rosario STEFANELLI, per la Tesi di Laurea dal titolo:
"Indicatori di resilienza nel caso dei sistemi di trasporto ferroviario: un'applicazione al caso della linea 1 della Metropolitana di Napoli".

F - Borsa di Studio TRENITALIA di € 2.000,00, per la migliore Tesi di Laurea Magistrale in Ingegneria o Specialistica in Ingegneria su argomento attinente all'esercizio dei servizi di trasporto ferroviario, è stato assegnato il premio al:

- Dott. Ing. Gianluca LONGOBARDI, per la Tesi di Laurea dal titolo:

"Ottimizzazione degli orari FSE del servizio intermodale per la città metropolitana di Bari".

G - Borse di Studio ANSFISA di € 1.500,00, per la migliore Tesi di Laurea Magistrale in Ingegneria o Specialistica in Ingegneria su argomento attinente alla modellazione del sistema ferroviario finalizzata alla valutazione della sicurezza:

- Dott. Ing. Italo Luca RIVA, per la Tesi di Laurea dal titolo:
"Development of a machine learning algorithm to predict the deployment of a remote multidimensional tunnel mapping system".

M - Borsa di Studio CIFI di € 2.000,00, per la migliore tesi di Laurea Magistrale in Ingegneria o Specialistica in Ingegneria su argomento attinente ai sistemi ferroviari con riguardo anche agli aspetti gestionali ed economici, è stato assegnato il premio al:

- Dott. Ing. Matteo DEMARTINI, per la Tesi di Laurea dal titolo:

“Comparazione analitica e multi-criteri tra metropolitane automatizzate operanti su gomma e su acciaio”.

O – Borsa di Studio TTX di € 1.000,00, per la migliore tesi di Laurea Magistrale in Ingegneria o Specialistica in Ingegneria su argomento attinente alla sostenibilità ambientale op sociale o di governance delle imprese ferroviarie, è stato assegnato il premio al:

- Dott. Ing. Marialuisa MOSCHELLA, per la Tesi di Laurea dal titolo:

“Domanda passeggeri High-Speed Rail (HSR) in aree di ritardo di sviluppo: modelli sperimentali per la relazione Roma-Reggio Calabria”.

PREMIAZIONE ARTICOLI

Premi assegnati agli autori dei migliori articoli pubblicati sulla Rivista “IF - Ingegneria Ferroviaria” nell’anno 2024. I premi sono stati consegnati dal Segretario Generale e Vicedirettore della Rivista Ing. Valerio GIOVINE (Fig. 4).

- I Premio, assegnato all’articolo: **Consumo energetico nelle ferrovie metropolitane**,

pubblicato sul n. 4/2024 – Autori: Valter DI MARIO – Gabriele MALAVASI.

- II Premio, assegnato all’articolo: **Modelli per la stima del costo del trasporto pubblico su strada: uno stato dell’arte**,

pubblicato sul n. 10/2024 – Autori: Umberto PETRUCELLI – Pietro VUONO.

- III Premio, assegnato all’articolo: **Modellistica e simulazione dei circuiti di binario**,

pubblicato sul n. 5/2024 – Autore: Giuliano MARANO.

Premi assegnati agli autori dei migliori articoli pubblicati sulla Rivista “La Tecnica Professionale” nell’anno 2024. I premi sono stati consegnati dal Segretario Generale Ing. Valerio GIOVINE (Fig. 5)

- **Il misuratore reale per la rendicontazione della energia di trazione**,

pubblicato sul n. 2/2024 - Autori: Stefano GERVASINI – Giuseppe TERNIERIELLO – Alessandro BORSELLI.

- **Un’Europa senza confini: per i treni merci è già realtà**,

pubblicato sul n. 5/2024 – Autore: Francesco GARRISI.

- **Elasticità della linea aerea di contatto flessibile**,

pubblicato sul n. 9/2024 - Autori: Claudio SPALVIERI – Nicola TILLI – Alessandro IACOMELLI – Luca RANIERI.

- **Sperimentazione del biocombustibile HVO in ambito Trenitalia**,

pubblicato sul n. 10/2024 - Autori: Francesco COCCHETTI – Luca LABADIA – Matteo SUSANNINI – Gianmarco QUAGLIATA.

Prima della conclusione della cerimonia è stata organizzata a sorpresa la consegna di un riconoscimento agli ex Presidenti del Collegio per l’occasione presenti: l’Ing. Antonio LAGANA’ Presidente nel triennio 1994-1996 e l’Ing. Mauro MORETTI Presidente dal quadriennio 2004-2007 al 2012-2015 (Fig. 6).



Figura 5 – Consegna del Premio per i Migliori articoli sulla rivista La Tecnica Professionale 2024.



Figura 6 – Consegna riconoscimento all’ex Presidente Mauro MORETTI.

STRAIL®

a **EXPO Ferroviaria**

30 settembre - 2 ottobre 2025 // Milano

STAND D45



STRAIL®WAY

LE TRAVERSE POLIMERICHE

Guarda al futuro!
SI alla traversa "green"



carico per asse
max. 22,5 to



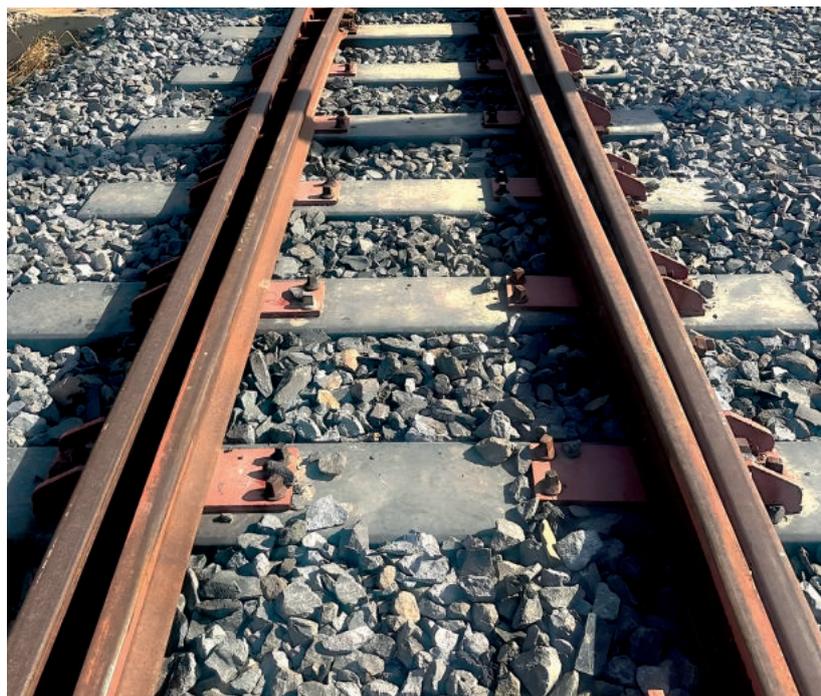
traverse per binario e
traversoni & deviatoio



possibili modifiche con
attrezzi ordinari



durata in servizio
> 50 anni



KRAIBURG STRAIL GmbH & Co. KG // 84529 Tittmoning, Germany // Goellstraße 8
STRAIL® in Italy // Tommaso Savi // mobile +39 392 9 50 38 94 // tommaso.savi@strail.it



Notizie dall'interno

Massimiliano BRUNER

TRASPORTI SU ROTAIA

Nazionale: Ferrovia delle Meraviglie, l'estate inizia all'insegna dei treni storici

Arrivano i treni storici lungo i binari della Ferrovia delle Meraviglie, la celebre Cuneo-Ventimiglia, considerata tra le linee ferroviarie più belle al mondo.

Da domenica 6 luglio, infatti, è possibile viaggiare a bordo di un treno d'epoca dalla Riviera Ligure alle località della Val de Roya. L'iniziativa, fortemente attesa da tempo, nasce dalla collaborazione tra FS Treni Turistici Italiani, Fondazione FS e gli enti territoriali italiani e francesi facenti parte della CARF (Comunità d'Agglomerazione della Riviera Francese).

Il treno, composto da carrozze storiche anni '30 e '40 del tipo "Centoporte", parte dalla stazione di Ventimiglia per raggiungere Tende. Al ritorno, il convoglio ripartirà verso la Liguria e arriverà a Ventimiglia. Previste fermate intermedie nelle stazioni di Airole, Olivetta S. Michele, Breil Sur Roya, Fontain Saorge, St. Dalmas de T., La Brigue e Tende.

Il treno storico, trainato da locomotiva Diesel in livrea d'epoca, circolerà il 6, il 13 e il 14 luglio e nelle giornate del 3, 10, 17 e 31 agosto per poi effettuare l'ultimo viaggio il 6 settembre.

I viaggiatori potranno approfittare di una sosta prolungata per visitare la mostra presso il *Musée départemental des Merveilles* di Tende e la suggestiva chiesa di Sainte-Marie en l'Assomption a Breil-sur-Roya.

La linea Breil-Ventimiglia, che si snoda per 96 km tra le Alpi Marittime

e lo spettacolare Parco Nazionale del Mercantour fino a raggiungere la Riviera del Ponente Ligure, è conosciuta come la "Ferrovia delle Meraviglie". Il suo nome deriva dalla bellezza dei luoghi attraversati e dalle particolari soluzioni tecniche adottate nella sua costruzione, come i suggestivi ponti che collegano le strette valli del Roya e le numerose gallerie, tra cui quella elicoidale di Vernante, lunga circa 1500 m.

Questa tratta, rilevante dal punto di vista storico, turistico e paesaggistico, è ora animata da un treno storico che offrirà uno straordinario viaggio nel tempo tra il Mediterraneo e il cuore delle Alpi italo-francesi.

Per tutte le informazioni utili su itinerario e caratteristiche del servizio, è possibile consultare il sito www.fstrenituristici.it. I biglietti sono disponibili su www.railbook.it al costo di 20€ per un viaggio A/R e di 10€ per i minori dai 4 agli 11 anni. I bambini al di sotto dei 4 anni viaggiano gratuitamente (Da: *Comunicato Stampa Fondazione FS Italiane Gruppo FS*, 1 luglio 2025)

Lombardia: il treno regionale vale 3 miliardi di Euro

Il "True Value" misura il valore reale diretto e indiretto generato dal servizio Trenord per società, ambiente, economia: nel 2024 evitati oltre 3,2 miliardi di km in auto e risparmiate 318mila tonnellate di CO₂.

Il treno nel 2024 ha generato in Lombardia e in sette province limitrofe un valore di 3 miliardi di euro, in crescita del 6% rispetto al 2023. È quanto emerge dal "True Value", modello sviluppato da KPMG che quantifica gli impatti sociali, ambientali, economici generati direttamente e

indirettamente per persone, istituzioni, territorio dal sistema ferroviario regionale.

Nel 2024 Trenord ha trasportato 201 milioni di passeggeri (+ 5,9% rispetto al 2023) su 740mila corse, evitando oltre 3,2 miliardi di km di viaggi in auto e 318mila tonnellate di emissioni di CO₂. È l'equivalente di quanto prodotto da circa 68mila persone.

- Il valore sociale

Come rilevato dal "True Value", che Trenord adotta dal 2019, nel 2024 il sistema treno lombardo ha generato impatti sociali per 2 miliardi di euro; è il 66% del valore complessivo.

In questo calcolo, l'elemento più rilevante è costituito dalla capillarità dell'offerta di servizio per i passeggeri: più di 2.200 corse al giorno, divenute oltre 2.300 da dicembre, collegando 460 stazioni in Lombardia e in sette province limitrofe, per un totale nell'anno di oltre 740mila corse e 41,5 milioni di treni-km.

A questo si aggiungono la riduzione del traffico sulle strade, la formazione erogata, i benefici derivati ai passeggeri da sconti e convenzioni dedicate, il valore generato nelle località turistiche, che cresce di pari passo con i flussi nel tempo libero, arrivati al +16% rispetto al 2023. Contribuiscono all'impatto sociale anche i risultati del collegamento aeroportuale Malpensa Express, scelto nel 2024 da 5,3 milioni di persone.

- Il valore ambientale

Per la dimensione ambientale l'analisi considera sia gli impatti generati, sia quelli evitati; Trenord nel 2024 ha creato un valore per l'ambiente e la collettività di 42 milioni di euro. L'impresa ferroviaria lombarda ha evitato 318mila tonnellate di emissioni di CO₂, pari a quelle prodotte in un anno da circa 68.000 persone.

L'impegno dell'azienda per la sostenibilità si concretizza anche nel piano di rinnovo della flotta in corso: alla fine del 2024 erano 185 i nuovi treni in servizio, dei 214 che circoleranno entro il 2025.

- Convogli confortevoli, accessibili

e che garantiscono una maggiore efficienza energetica.

Nel 2024 è proseguito il progetto "Energy Meter", che misura puntualmente i consumi elettrici dei convogli durante la corsa e la quota restituita alla rete in frenatura. I dati rilevati saranno la base di analisi e azioni per migliorare ulteriormente l'efficienza energetica, per esempio tramite istruzioni di "guida ecologica" per macchinisti e manovratori.

Oltre a questo, l'azienda mette in pratica azioni per ridurre l'impatto di impianti di manutenzione e uffici. Nel corso del 2024 tutti i principali siti manutentivi sono stati riforniti al 100% da energia elettrica proveniente da fonti rinnovabili; complessivamente i consumi energetici relativi agli asset sono rimasti stabili, a fronte di un aumento dell'attività manutentiva e del numero di corse effettuate.

Nel corso dell'anno tutti gli asset sono stati interessati anche da installazione di luci a tecnologia LED, che hanno migliorato la resa e il comfort luminoso, oltre a ottenere un risparmio energetico del 60%. A Novate è inoltre attivo un impianto di recupero delle acque meteoriche utile al lavaggio e alla pulizia dei treni: nel 2024 l'acqua riciclata resa disponibile grazie a questo sistema è aumentata del 20% rispetto al 2023 e ha consentito di coprire il fabbisogno idrico per le attività di rimozione dei graffiti, cresciute del 20%.

- Il valore economico

Complessivamente, gli impatti economici generati nel corso del 2024 hanno superato il totale di 1 miliardo di euro, in crescita rispetto ai 995 milioni del 2023.

A contribuire a questo valore è anche la spesa generata grazie al reddito dei dipendenti, che nel 2024 hanno raggiunto le 4925 unità, in crescita del 4% rispetto alle 4720 unità del 2023. Nell'anno, Trenord ha assunto 371 persone, di cui 230 fra macchinisti e capitreno.

Nel 2024 sono state erogate oltre 548mila ore di formazione totale, destinate sia al personale dipendente di Trenord, sia a personale esterno.

Inoltre, nel corso dell'anno è stato avviato un corso di Empowerment Femminile rivolto a 50 lavoratrici, suddivise in gruppi di fasce d'età, con l'obiettivo di sostenerne la crescita personale, valorizzare il loro contributo nei team, potenziare l'autoefficacia, promuovere collaborazione e condivisione fra diverse aree.

I dati descritti sono contenuti nel Bilancio di Sostenibilità 2024 (Da: *Comunicato Stampa Trenord*, 24 giugno 2025).

Sardegna: raddoppio Decimomannu - Villamassargia, attrezzaggio ERTMS e miglioramenti infrastrutturali

Rete Ferroviaria Italiana (Gruppo FS Italiane) effettua lavori per il raddoppio della linea Decimomannu - Villamassargia, per l'attrezzaggio del sistema ERTMS tra Decimomannu - Iglesias - Carbonia e per il miglioramento dell'infrastruttura. Per questi motivi la linea rimane chiusa dal 1 luglio 2025 al 31 dicembre 2026.

Per quanto riguarda il raddoppio, i lavori del Lotto 2 del Raddoppio Decimomannu-Villamassargia prevedono: le attività propedeutiche sulla sede ferroviaria esistente; le attività di demolizione della sovrastruttura esistente e la costruzione della sede ferroviaria del raddoppio, compreso l'attrezzaggio tecnologico; l'avvio dei lavori di costruzione del nuovo cavalcavia stradale per la soppressione del passaggio a livello esistente nel Comune di Villaspeciosa. L'investimento economico per i lavori è di 87 milioni di euro e saranno impiegati 150 lavoratori.

Nell'interruzione continuativa della tratta Decimomannu - Iglesias - Carbonia, invece, per quanto riguarda l'appalto legato all'attrezzaggio dell'ERTMS, il sistema che gestisce e controlla il traffico ferroviario, aumentando la sicurezza e la frequenza dei treni, l'ammontare degli investimenti, per questi lavori, è di circa 26 milioni di euro e saranno impiegate 55 persone.

Durante il periodo di interruzione

totale della circolazione ferroviaria, la Direzione Operativa Infrastrutture Territoriale (DOIT) di Cagliari porterà avanti una serie di interventi strategici per il potenziamento e la velocizzazione delle Tratte Villamassargia-Carbonia e Villamassargia - Iglesias. I lavori riguarderanno, in particolare, la riprofilatura delle trincee e la realizzazione dei sistemi di protezione idraulica della piattaforma, operazioni propedeutiche allo spostamento del tracciato per consentire un aumento dei raggi di curvatura. L'obiettivo è quello di migliorare le prestazioni complessive della linea e ridurre i tempi di percorrenza.

Ci saranno interventi importanti anche sulla stazione di Carbonia, dove verranno sostituiti binari, traverse, deviatori, e rinnovati i sistemi di segnalamento. Si tratta di un intervento importante per aumentare l'efficienza, l'affidabilità e la qualità del servizio ferroviario.

Novità significative anche sul fronte tecnologico: lungo le tratte Villamassargia-Carbonia e Villamassargia-Iglesias è previsto l'aggiornamento del sistema di sicurezza, con il passaggio dall'attuale SSC (Sistema Supporto Condotta) al più avanzato SCMT (Sistema Controllo Marcia Treno).

Farà da cornice un ampio piano di manutenzione straordinaria su tutta l'infrastruttura, che comprenderà interventi su travate metalliche, recinzioni, opere minori e sedime ferroviario, con l'obiettivo di garantire standard elevati di sicurezza e funzionalità nel lungo periodo.

L'ammontare degli interventi è stimabile in 20 milioni di euro con impegno di personale RFI ed almeno 40 operai delle imprese (Da: *Comunicato Stampa RFI Gruppo FS*, 30 giugno 2025).

Nazionale: RFI e MIT, aggiornamento contratto di programma per circa 2.1 miliardi

Il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti e Rete Ferroviaria Italiana (Gruppo FS Italiane) hanno

sottoscritto il Terzo Atto Integrativo, aggiornamento 2025 al Contratto di Programma - parte Servizi 2022-2026, del valore complessivo di circa 2,1 miliardi di euro.

L'aggiornamento è stato approvato a conclusione l'informativa con esito positivo al CIPESS.

Il Terzo Atto Integrativo prevede la contrattualizzazione delle nuove risorse stanziata dalla Legge di Bilancio per le annualità 2025 e 2026, di cui 1,6 miliardi destinati alla manutenzione straordinaria e circa 500 milioni per la gestione dell'infrastruttura ferroviaria nazionale.

L'atto provvede ad aggiornare il contenuto del Contratto di Programma - parte Servizi 2022-2026 adeguando i fabbisogni contrattuali alle dinamiche inflattive, all'aumento dei costi di materiali e forniture nonché all'ampliamento delle attività di manutenzione straordinaria nelle stazioni. È incluso anche il piano di potenziamento degli organici avviato da RFI per rafforzare i presidi manutentivi.

La sottoscrizione dell'atto conferma l'impegno di MIT e RFI per il rafforzamento della manutenzione e della gestione della rete ferroviaria, con l'obiettivo di garantire un servizio sempre più affidabile ed efficiente.

L'aggiornamento rappresenta un passo fondamentale per la gestione manutentiva del sistema ferroviario nazionale, per una mobilità sempre più sostenibile ed efficiente. RFI conferma il proprio impegno a proseguire nell'ammodernamento dell'infrastruttura ferroviaria nazionale per garantire un servizio di trasporto sempre migliore per i cittadini e per la mobilità del Paese (Da: *Comunicato Stampa Gruppo FS*, 30 giugno 2025).

Nazionale: imprese e operatori ferroviari a confronto sul rilascio autorizzazioni di sicurezza e certificati idoneità

Si è tenuto il 16 giugno a Roma, presso la sede ACI di via Marsala, il workshop promosso da ANSFISA per

la presentazione dell'aggiornamento delle linee guida in materia di rilascio delle autorizzazioni di sicurezza e dei certificati di idoneità all'esercizio nel settore ferroviario (Fig. 1).

Un appuntamento rivolto agli operatori del sistema che ha offerto un importante momento di confronto tecnico e normativo sugli strumenti regolatori a tutela della sicurezza.

Ad aprire i lavori, i saluti del presidente della Commissione Trasporti, poste e telecomunicazioni della Camera, che ribadendo la vicinanza e l'attenzione delle Istituzioni al settore, ha espresso apprezzamento per l'attento lavoro che ogni giorno portano avanti i tecnici con la loro esperienza che va sempre ascoltata. Il Direttore Generale della Direzione Sicurezza per le Ferrovie di ANSFISA, P. L. NAVONE, ha sottolineato come il nuovo quadro di riferimento, frutto dell'aggiornamento periodico delle linee guida da parte dell'Agenzia, rappresenti uno strumento pratico di semplificazione, capace di accompagnare gli operatori nell'applicazione quotidiana delle normative che sempre più spesso sono di emanazione europea.

Durante l'evento sono intervenuti, tra gli altri, i tecnici ANSFISA A. LASCHE, M. NANNI, N. CENTOLA, N. GELLI

e L. TATARELLI, che hanno illustrato nel dettaglio le novità introdotte nei documenti tecnici e le ricadute operative per imprese ferroviarie e gestori dell'infrastruttura.

Particolare attenzione è stata riservata al ruolo della supervisione, illustrato da I. CASTRIOTA, e alla sinergia tra approccio regolatorio e contributo degli operatori.

La giornata si è conclusa nel pomeriggio con il ritorno delle esperienze dirette di Trenitalia e Rete Ferroviaria Italiana, EAV e TrenitaliaTPER, che hanno portato la testimonianza di come il nuovo impianto procedurale è stato inserito nelle loro procedure, mettendo in luce gli avanzamenti in termini di razionalizzazione e anche tracciabilità dei processi.

Il Direttore dell'Agenzia, D. CAPOMOLLA, ha voluto concludere la giornata ricordando che "momenti come questo sono fondamentali per rafforzare la consapevolezza e la cultura della sicurezza" e la nutrita partecipazione al convegno di esperti e operatori del settore ha confermato l'interesse e la volontà condivisa di contribuire attivamente a un sistema ferroviario sempre più sicuro ed efficiente. Guardando avanti, CAPOMOLLA ha ricordato che "l'Agenzia è chiamata a gestire tre macro-settori - ferro-



(Fonte: ANSFISA)

Figura 1 – Al centro dell'incontro organizzato da ANSFISA l'aggiornamento delle Linee Guida con l'obiettivo di semplificare le procedure e l'impegno dell'Agenzia per una supervisione più efficace e condivisa. Un'occasione per rafforzare il dialogo con gli operatori e promuovere maggiore trasparenza ed efficienza.

vie, strade e impianti fissi – ciascuno con le proprie complessità, ma uniti dalla necessità di standard comuni, procedure omogenee, strumenti condivisi”. Una visione sistemica che rappresenta uno dei pilastri dell’azione ANSFISA per i prossimi anni, orientata a ottimizzare le risorse, favorire il trasferimento di competenze e aumentare la qualità complessiva del sistema (Da: *Comunicato Stampa ANSFISA*, 17 giugno 2025)

Puglia: Stazione di Brindisi, partono i lavori di riqualificazione

Rete Ferroviaria Italiana (Gruppo FS) ha avviato i cantieri per la riqualificazione della stazione di Brindisi per renderla accessibile a tutti e connessa al contesto urbano (Fig. 2).

I lavori procedono per fasi per rendere fruibile lo scalo durante tutto il periodo di cantierizzazione.

- Riqualificazione degli spazi interni ed esterni di stazione

La prima fase di lavori riguarda la riqualificazione architettonica, strutturale e impiantistica del corpo centrale della stazione, compreso l’adeguamento sismico, con la rifunzionalizzazione dei servizi primari e l’ampliamento degli spazi di sosta, biglietteria e transito dei viaggiatori. Saranno inseriti percorsi tattili e un ascensore di accesso al sottopasso. A seguire gli interventi sulle ali esterne della stazione che ospitano i locali tecnici e commerciali.

- Stazione accessibile a tutti

Per garantire il miglioramento dell’accessibilità e l’abbattimento delle barriere architettoniche saranno installati ascensori sui marciapiedi 2 e 3. Cantieri anche sul secondo fronte di stazione, lato Tor Pisana, con la riqualificazione dell’accesso che sarà provvisto di un ascensore e di una nuova pensilina a copertura delle scale. Previsto inoltre il restyling del sottopasso.

- Riorganizzazione Piazza Crispi

A completamento degli interventi, verrà riqualificato il piazzale antistante la stazione, lato piazza Crispi,

con particolare attenzione alla pedonalizzazione, con accessi più sicuri attraverso un nuovo impianto di illuminazione e una riorganizzazione complessiva degli stalli per le persone a ridotta mobilità, per i bus del trasporto pubblico locale e quelli per auto e moto.

- Investimento complessivo

L’investimento complessivo degli interventi di RFI ammonta a 15 milioni di euro, di cui 6 finanziati con i fondi del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) destinati al “Miglioramento delle stazioni ferroviarie nel Sud”. In particolare, rientrano in ambito PNRR gli interventi per accessibilità e riqualificazione del fabbricato viaggiatori (Da: *Comunicato Stampa RFI Gruppo FS*, 30 giugno 2025).

TRASPORTI URBANI

Lombardia: realizzazione della nuova linea tranviaria della città di Brescia

Brescia Mobilità ha aggiudicato al Raggruppamento Temporaneo di Im-

prese (RTI) guidato da Manelli Impresa S.p.A. con Hitachi Rail e Alstom, la realizzazione della nuova linea tranviaria T2 di Brescia, che collegherà le due stazioni di Pendolina e Fiera. La commessa ha un valore complessivo di 326 milioni di euro.

L’opera rappresenta un’infrastruttura strategica, che mira a migliorare l’efficienza del trasporto pubblico, ridurre l’impatto ambientale e favorire l’integrazione tra le diverse modalità di mobilità urbana.

La linea T2 si svilupperà su un tracciato di 11,3 km in doppio binario tra i capolinea Fiera (zona sud-ovest della città), e Pendolina (zona nord-ovest), attraversando alcuni dei quartieri più popolosi della città e garantendo un collegamento rapido ed efficiente con il nodo della Stazione FS. Il progetto prevede 21 fermate, un deposito principale presso Fiera e uno ausiliario a Pendolina, con soluzioni tecnologiche all’avanguardia per garantire la sostenibilità e l’efficienza del servizio.

L’infrastruttura sarà realizzata con il 72% del tracciato in sede dedicata, garantendo fluidità e sicurezza



(Fonte: RFI Gruppo FS)

Figura 2 – Modellazione in pianta del piazzale e della stazione di Brindisi: priorità agli interventi di rinnovo degli spazi di stazione e all’accessibilità riqualificazione del piazzale di stazione: investimento complessivo 15 milioni di euro, parte con fondi PNRR.

nella circolazione, e sarà alimentata prevalentemente tramite linea di contatto aerea (8.2 km circa), con alcuni tratti a batteria (3.1 km circa) per minimizzare l'impatto paesaggistico.

Manelli Impresa S.p.A., azienda impegnata nel settore delle costruzioni e specializzata in grandi opere infrastrutturali, si occuperà della realizzazione delle opere infrastrutturali di linea e civili comprese la progettazione definitiva e il coordinamento della sicurezza in fase di progettazione della nuova linea tranviaria T2. La quota lavori relativa a Manelli Impresa è pari a circa 161 milioni di euro.

Hitachi Rail fornirà 18 nuovi tram di ultima generazione e gli impianti di telecomunicazione di terra e di bordo e di segnalamento di bordo. Per Hitachi Rail il valore complessivo della commessa è di circa 77 milioni di euro.

I nuovi tram, prodotti nel sito Hitachi Rail di Reggio Calabria, saranno progettati e sviluppati secondo i principi S.C.A.I. (Sicurezza, Comfort, Ambiente, Innovazione) e rappresentano un passo avanti significativo nel trasporto pubblico essendo orientati al massimo comfort, accessibilità e sicurezza, con un'attenzione particolare all'ergonomia e all'esperienza dei passeggeri.

I veicoli saranno dotati di un innovativo sistema ADAS (*Advanced Driver Assistant System*), con funzioni di Anti-Collisione grazie al rilevamento di potenziali ostacoli, quali pedoni e veicoli. Il comfort al passeggero è garantito da tecnologie avanzate per l'ottimizzazione delle vibrazioni e dalla riduzione al minimo delle emissioni acustiche oltre che da ben 52 posti a sedere, che sono oltre il 24% della capienza totale di 216.

I nuovi tram saranno costruiti con materiali leggeri, riciclabili al 98%, e dotati di un climatizzatore automatico che si adatta al numero di passeggeri, riducendo il consumo energetico. La marcia a batteria nelle zone di maggior pregio artistico consentirà, inoltre, di ridurre l'impatto ambientale mentre il recupero dell'energia frenante e gli innovativi algoritmi

Eco-Drive permetteranno un risparmio energetico del 15-20%.

Alstom conferma il proprio ruolo nella realizzazione di sistemi chiavi in mano (Turnkey) in diverse città italiane. Nell'ambito di questo progetto, Alstom sarà responsabile della progettazione e realizzazione dell'armamento, della trazione elettrica, della linea aerea di contatto, del sistema di segnalamento di terra, dell'illuminazione pubblica e del sistema di semaforizzazione, per un valore complessivo di circa 88 milioni di euro.

Le attività saranno affidate al team System & Infrastructure della sede Alstom di Roma, mentre i componenti per la trazione elettrica saranno progettati e forniti dal sito Alstom di Valmadrera (LC), centro di eccellenza con oltre 100 anni di esperienza nell'innovazione e nello sviluppo tecnologico. Tra le soluzioni all'avanguardia fornite, anche lo Spiroll™, dispositivo innovativo per il tensionamento automatico della linea aerea di contatto.

“Il progetto della nuova tramvia si sviluppa all'interno di un contesto urbano articolato, che comprende sia aree storiche sia zone in trasformazione che saranno anche oggetto di riqualificazione. La sua realizzazione rappresenta un'importante opportunità per migliorare la qualità dello spazio urbano, coerentemente con le strategie del Piano di Governo del Territorio (PGT). L'infrastruttura contribuirà a rendere più accessibili e fruibili i centri storici grazie a un potenziamento del trasporto pubblico e alla conseguente riduzione dell'uso di mezzi privati.” Così ha commentato S. O. MANELLI, Amministratore Delegato di Manelli Impresa S.p.A. “Inoltre, favorirà la valorizzazione economica delle aree in fase di trasformazione e migliorerà il benessere urbano.”

L. D'AQUILA, COO Hitachi Rail Group e CEO Hitachi Rail Italia, ha aggiunto: “I tram che verranno realizzati per la città di Brescia rispondono ai più elevati standard di mercato e costituiscono un'eccellenza nel trasporto tranviario a livello glo-

bale. Rappresentano un esempio della capacità di Hitachi Rail di proporre al mercato un'offerta sempre più completa e con tecnologie all'avanguardia a vantaggio dei nostri clienti e passeggeri. Tale aspetto è in linea con l'obiettivo strategico del Gruppo di guidare la decarbonizzazione del settore dei trasporti incentivando il passaggio da una mobilità privata ad una mobilità collettiva sicura e sostenibile.”

“Siamo orgogliosi di mettere al servizio della Città di Brescia la nostra competenza nello sviluppo di progetti tranviari complessi e integrati, a supporto di una mobilità urbana e suburbana sempre più sostenibile ed efficiente” – ha dichiarato M. VIALE, *Managing Director* di Alstom Italia – “Con la realizzazione di oltre 11 km di nuova linea tranviaria, rafforziamo ulteriormente il nostro impegno nella fornitura di soluzioni innovative per il trasporto pubblico locale.” (Da: *Comunicato Stampa Brescia Mobilità*, 18 giugno 2025).

Nazionale: Sicurezza stradale, stretta del MIT sui monopattini, contrassegni identificativi obbligatori

Il ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ha emanato un decreto che disciplina i contrassegni identificativi per i monopattini elettrici, una sorta di targa personale, segnando un nuovo passo avanti verso una mobilità urbana più sicura e ordinata.

Il provvedimento dà piena attuazione a quanto previsto dalla legge 177/2024, che ha modificato il Codice della Strada introducendo nuove misure per garantire una maggiore sicurezza nell'utilizzo dei monopattini elettrici. Tra queste, l'obbligo del casco anche per i maggiorenni e l'introduzione di un sistema di identificazione dei veicoli.

Per superare l'attuale anonimato dei mezzi e consentire un controllo più efficace in caso di infrazioni o incidenti, la norma prevede che ogni conducente doti il proprio monopattino di un contrassegno identificati-

vo, personale e non trasferibile. Non si tratta di una targa tradizionale né di un sistema di immatricolazione, al fine di evitare oneri eccessivi per i cittadini, ma di un supporto tecnico semplice e leggero da installare fisicamente sul mezzo.

Il decreto definisce dimensioni, forma e modalità di posizionamento del contrassegno: dovrà essere applicato in modo visibile sul monopattino, preferibilmente al centro del parafrangente posteriore, se presente l'alloggiamento specifico, oppure nella parte anteriore del piantone dello sterzo, a un'altezza compresa tra 20 cm e 1,20 m dal suolo.

Il provvedimento stabilisce inoltre i criteri per la formazione delle combinazioni alfanumeriche del contrassegno. È in corso un confronto con l'Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato per definire i costi di produzione, spedizione e prezzo di vendita (IVA inclusa), con l'obiettivo di garantire tariffe sostenibili per i cittadini.

In attesa della pubblicazione in Gazzetta Ufficiale, il ministro ha espresso soddisfazione per questo primo passo concreto verso l'attuazione del nuovo Codice della Strada. Le disposizioni sul contrassegno rappresentano infatti un presupposto fondamentale per rendere operativo anche l'obbligo di assicurazione RCA, oltre che per rafforzare i controlli su strada.

In quest'ottica, il MIT ha già richiesto al Ministero dell'Interno e all'ANCI i dati relativi alle sanzioni per violazione dell'obbligo del casco, al fine di monitorare l'effettiva applicazione della norma e valutarne l'impatto.

Con questo pacchetto di misure, il MIT conferma il proprio impegno per una mobilità più sicura, moderna e responsabile, in linea con la crescente diffusione dei monopattini elettrici nelle città italiane (Da: *Comunicato Stampa MIT*, 3 luglio 2025).

Lazio: ATAC, bilancio 2024 in utile, investimenti record

L'assemblea dei soci di ATAC (100% Roma Capitale) ha approvato il bilancio di esercizio al 31.12.2024,

che presenta un risultato di esercizio positivo per 950 mila euro dopo aver scontato ammortamenti e svalutazioni per 80,58 milioni, accantonamenti per 15,77 milioni, oneri finanziari netti per 7,39 milioni e imposte per 5,21 milioni.

L'apporto della gestione caratteristica ha permesso di generare un margine operativo lordo di circa 109,5 milioni di euro (11% del valore della produzione), adeguato rispetto agli standard di mercato, con un EBIT positivo per 13,5 mln, ottenuto grazie alla ottimizzazione dei costi operativi e dei costi di personale, che nel valore 2024 risentono del recente accordo per il rinnovo del CCNL.

Sul versante dei ricavi, la crescita dei ricavi da mercato (+3,2% rispetto al dato 2023) mostra un accento ancora distante dai livelli pre-covid, mentre aumentano i corrispettivi da contratto di servizio, anche per effetto della maggiore produzione complessivamente erogata (+ 1,1 % vetture/km).

La posizione finanziaria netta migliora sensibilmente rispetto al dato 2023, portandosi ad un valore prossimo ai 100 milioni di cassa.

Nel corso del 2024 si è registrata una crescita record degli investimenti, che hanno raggiunto - compreso gli importi per interventi operati per conto di Roma Capitale e per progetti autofinanziati - la rilevante cifra di 300 milioni circa, di cui 252 milioni finanziati (che si confrontano con gli 82 milioni del consuntivo 2024, quasi quadruplicandoli), che progressivamente, una volta entrati in esercizio, consolideranno i correlati benefici gestionali.

Gli investimenti hanno riguardato in particolare l'acquisto di nuovi bus e tram e la manutenzione straordinaria delle infrastrutture delle reti metro e tram, compresi nel piano Giubileo e nel PNRR.

La performance sugli investimenti testimonia il rafforzamento della capacità esecutiva dell'azienda: sono infatti più di 60 le commesse in essere per progetti di investimento condivisi con Roma Capitale, molti dei quali

ancora in fase di implementazione.

L'età media della flotta di superficie (bus e filobus) si è portata al 31.12.2024 a soli 6,4 anni (7,6 anni nel 2023).

Il 2024 rappresenta pertanto un anno di conferma della centralità e della solidità di ATAC nella missione che Roma Capitale è impegnata a portare avanti per potenziare e migliorare la mobilità, rendendo sempre più attrattivo e conveniente il servizio (TPL e servizi complementari).

La società è quindi pronta ad affrontare le sfidanti tappe del percorso di sviluppo previsto nel nuovo contratto di servizio 2025-2027 svolgendo il ruolo da protagonista che le è proprio nella mobilità romana (Da: *Comunicato Stampa ATAC*, 30 maggio 2025).

TRASPORTI INTERMODALI

Nazionale: logistica, Freight Leaders Council aderisce a Federtrasporto

Il consiglio generale di Federtrasporto ha approvato l'ingresso del *Freight Leaders Council* come socio aggregato. La rappresentanza di settore, che riunisce le principali associazioni confindustriali del trasporto di merci e persone, delle infrastrutture e della logistica, vede così rafforzato il proprio ruolo istituzionale (Fig. 3).

La collaborazione nasce dalla volontà comune di sviluppare il settore dei trasporti e della logistica in una logica di efficienza, intermodalità e sostenibilità, condividendo competenze, reti e progettualità per affrontare le grandi sfide che attendono il comparto nei prossimi anni: decarbonizzazione dei trasporti, digitalizzazione delle *supply chain*, sviluppo delle infrastrutture e integrazione dei diversi sistemi di trasporto. Temi centrali per il settore della logistica che in Italia rappresenta il 9 % del PIL e occupa 1,4 milioni di addetti lungo tutta la filiera.

“L'adesione a Federtrasporto e



(Fonte: FLC)

Figura 3 – L’adesione di FLC a Federtrasporto rafforza uno spazio stabile di confronto tra imprese, istituzioni, centri di ricerca e *policy maker*, in una fase cruciale di trasformazione infrastrutturale e tecnologica del Paese.

quindi al sistema confindustriale rappresenta un momento di grande valore strategico per il *Freight Leaders Council* e per l’intero sistema della logistica e dei trasporti”, ha dichiarato M. MARCIANI, Presidente del *Freight Leaders Council*. “Rafforzare il dialogo e la collaborazione con Federtrasporto – Confindustria significa contribuire attivamente alla costruzione di una visione industriale unitaria, capace di affrontare con coerenza e determinazione le sfide della transizione ecologica, della digitalizzazione e dello sviluppo infrastrutturale.

Con l’adesione è stato sottoscritto un protocollo d’intesa che prevede la condivisione di attività di studio, approfondimento e analisi sui fenomeni che influenzano le politiche di settore, allo scopo di rafforzare il patrimonio di conoscenza e di ricerca a disposizione di entrambe le organizzazioni. Uno degli scopi fondanti della collaborazione sarà anche la promozione e diffusione della cultura dei trasporti e della logistica nel Paese e lo scambio continuo di informazioni tra operatori, studiosi, imprese e istituzioni, in un’ottica di sistema.

“Con questo accordo, il FLC entra nella ‘casa comune’ di Confindustria, riaffermando il proprio ruolo di piattaforma di pensiero e di proposta al

servizio della competitività del Paese”, ha aggiunto MARCIANI. “L’adesione nasce da una volontà chiara e condivisa: mettere a sistema competenze, esperienze e visioni, per generare valore per l’intera filiera e rafforzare le sinergie tra pubblico e privato, impresa e istituzioni, accademia e territori. Ringrazio il Presidente P. COLOMBO per aver fortemente voluto questo percorso di riconnessione, che non è solo formale, ma profondamente sostanziale. Insieme, lavoreremo per rendere sempre più centrale il contributo della logistica allo sviluppo sostenibile del nostro sistema economico e industriale.”

Per P. COLOMBO, Presidente di Federtrasporto, si tratta di un passo significativo per rafforzare la rappresentanza unitaria del settore dei trasporti e della logistica di Federtrasporto: “Diamo il benvenuto a *Freight Leaders Council*, la cui adesione rappresenta un ulteriore tassello nella direzione dell’ampliamento della base associativa e della costruzione di una autorevole rappresentanza dei settori dei trasporti e della logistica”.

“Proseguiamo con determinazione nel nostro obiettivo di supportare le associate e le loro imprese nel sostenere lo sviluppo dell’intera filiera trasportistica e logistica italiana” ag-

giunge il Presidente COLOMBO “certi del positivo contributo di idee e di approfondimenti che *Freight Leaders Council* saprà portare nei progetti che abbiamo avviato e in quelli in cantiere”.

Il sistema logistico-industriale italiano trova così uno spazio stabile di confronto tra imprese, istituzioni, centri di ricerca e *policy maker*, in una fase cruciale per il rilancio infrastrutturale e tecnologico del Paese.

• Nota per il lettore

Federtrasporto, costituita nel 1993, raccoglie all’interno del sistema confindustriale le associazioni degli operatori e dei gestori di infrastrutture nei settori dei trasporti e della logistica rappresentando complessivamente circa 2.500 imprese, 135.000 lavoratori e 40 miliardi di fatturato nelle modalità del ferro, della gomma e dell’aereo. Promuove, tutela e supporta gli interessi delle associate attraverso la sintesi degli interessi strategici di tutti i sistemi e le modalità di trasporto e lo sviluppo di una efficace capacità di incidenza sul quadro normativo, sulle modalità e sull’integrazione operativa dei sistemi di mobilità.

Il *Freight Leaders Council* da 30 anni contribuisce allo sviluppo della logistica sostenibile e dell’intermodalità. Libera associazione privata, apartitica e senza scopo di lucro tra aziende attive in ogni fase della *supply chain*, il FLC formula pareri, giudizi e indirizzi rivolti alle istituzioni, agli addetti ai lavori e all’opinione pubblica. Oggi intende proporsi come un *think tank* a sostegno di una logistica che si dimostra ogni giorno di più “l’industria delle industrie” (Da: *Comunicato Stampa FLC*, 3 luglio 2025).

INDUSTRIA

Nazionale: giugno in rosso per il mercato italiano dell’auto, -17,4%

A giugno 2025, il mercato italiano dell’auto totalizza 132.191 immatricolazioni, con una variazione nega-

tiva del 17,4%, (dati pubblicati dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti) rispetto a giugno 2024, che aveva totalizzato 160.120 unità.

Nei primi sei mesi del 2025 i volumi complessivi si attestano a 854.690 unità, con un calo del 3,6% rispetto a quelli di gennaio-giugno 2024.

G. GIORDA, Direttore Generale ANFIA, commenta. “Dopo i lievi cali di aprile e maggio, a giugno il mercato auto italiano registra una pesante flessione a doppia cifra (-17,4%).

Questo preoccupante risultato – in una fase già critica per il settore, stretto tra una domanda stagnante e bassi livelli di produzione – soffre del confronto con l’ottimo giugno 2024 (+15% su giugno 2023), influenzato dal lancio degli incentivi. Questo effetto era già scemato nel mese di luglio 2024 (+4,7% su luglio 2023) e svanito a partire dal mese di agosto 2024, con variazioni negative mensili registrate fino a febbraio 2025. Se confrontato con giugno 2023, il giugno di quest’anno risulta comunque in calo, ma di un più contenuto 5,1%.

Nel cumulato 2025, la flessione rispetto ai primi 6 mesi del 2024 è pari a -3,6%, circa 32.000 unità in meno a volume, complice anche un minor numero di giorni lavorativi (123 nei primi sei mesi del 2025 contro 126 a gennaio-giugno 2024). Se confrontato con il primo semestre 2023, il cumulato 2025 risulta in crescita dell’1,5%.

Guardando alle alimentazioni, nel primo semestre 2025, confrontato con lo stesso periodo del 2024, si rileva un abbassamento delle quote di diesel (10,2% nel cumulato 2025 contro 14,5% nello stesso periodo del 2024) e benzina (26,1% contro 30,5%), a fronte di un aumento di quota sia delle auto ricaricabili (10,5% contro 7,2%), sia delle autovetture *mild* e *full hybrid* (44,2% contro 38,7%).

In questo scenario, auspichiamo che un po’ di sostegno al mercato possa arrivare anche dagli annunciati nuovi incentivi per i veicoli a zero emissioni previsti dal Mase, con una dotazione pari a circa 600 milioni di euro e derivanti dalla rimodulazione di risorse finanziarie del PNRR desti-

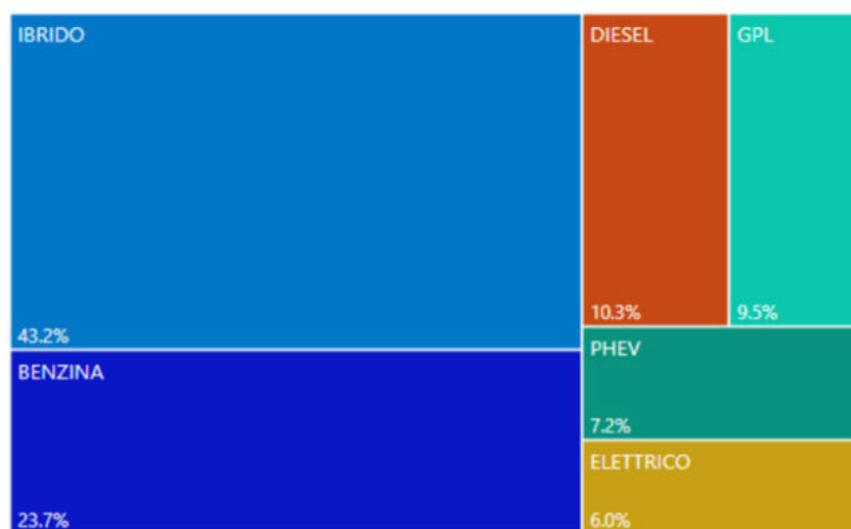
nate in origine all’installazione di colonnine di ricarica elettrica.

Essendo il 30 giugno 2026 il termine ultimo per l’impiego dei fondi PNRR, è importante che il Mase provveda quanto prima – al più tardi entro la fine dell’estate - alla redazione del relativo decreto attuativo, così da chiarire il perimetro dei beneficiari in relazione alle previste limitazioni

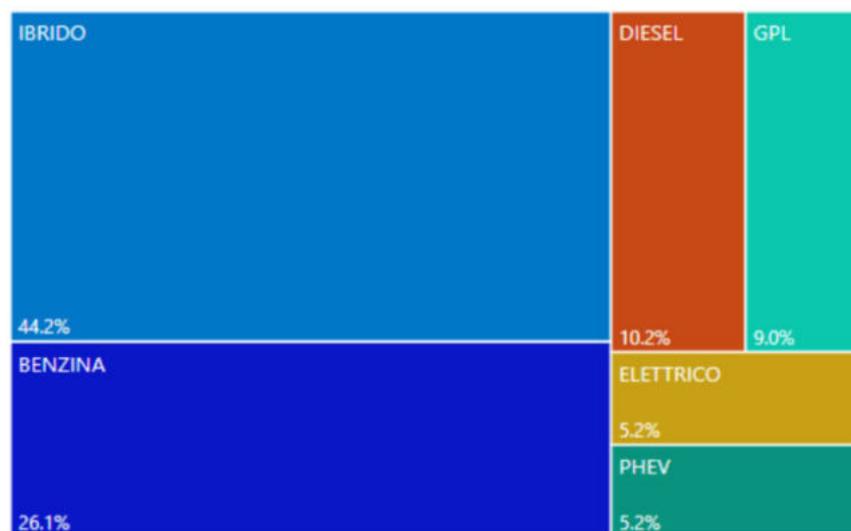
territoriali e dare ufficialmente avvio alla campagna di rottamazione delle vecchie auto.

Analizzando nel dettaglio le immatricolazioni per alimentazione (Fig. 4), le autovetture a benzina vedono il mercato di giugno in calo del 26,5%, con una quota di mercato al 23,7%; allo stesso modo, le diesel calano del 34,5% con una quota al

2025 MS % (giugno) Alimentazione



2025 MS % (YTD) Alimentazione



(Fonte: ANFIA)

Figura 4 - Dettaglio delle immatricolazioni per alimentazione.

10,3%. Nel cumulato del primo semestre del 2025, le immatricolazioni di auto a benzina registrano una flessione del 17,3% e le auto diesel calano del 32,2%, rispettivamente con quote di mercato del 26,1% e del 10,2%.

Le autovetture *mild* e *full hybrid* calano del 7,2% nel mese, con una quota del 43,2%; nel cumulato crescono invece del 10%, con una quota del 44,2%.

Le immatricolazioni di autovetture ricaricabili (BEV e PHEV) decrementano del 7,1% a giugno e rappresentano il 13,2% del mercato del

mese (a giugno 2024 era dell'11,8%); nel cumulato incrementano del 40,7% e hanno una quota del 10,5% (in aumento di 3,3 punti percentuali rispetto ai primi 6 mesi del 2024).

Nel dettaglio, le auto elettriche (BEV) hanno una quota del 6% nel mese e del 5,2% nel cumulato; le vendite calano del 40,4% a giugno 2025 (a giugno 2024, grazie agli incentivi, crescevano del 117,3% rispetto al 2023), mentre incrementano del 28% nel cumulato. Le ibride *plug-in* aumentano del 74,1% a giugno e del 56,3% nel cumulato. Esse rappresentano il 7,2% delle immatricolazioni

del singolo mese e il 5,2% del totale da inizio anno.

Infine, le autovetture a gas rappresentano il 9,5% dell'immatricolato di giugno, interamente composto da autovetture GPL (che sono in calo del 22% nel mese). Nel cumulato, le immatricolate a gas (considerate anche le auto a metano, che quest'anno sono scomparse dal mercato) calano del 5,1%. Nella prima metà del 2025, le alimentate a gas costituiscono il 9% del mercato.

Nel cumulato del primo semestre, Fiat Panda, Jeep Avenger e Fiat 600 occupano, rispettivamente, la prima, quinta e sesta posizione tra le autovetture *mild/full hybrid*. Ottava Peugeot 208, nona Peugeot 3008. Tra le dieci PHEV più immatricolate, a rappresentare il Gruppo Stellantis c'è Jeep Renegade in settima posizione, mentre, tra le elettriche, Citroen C3 si trova al terzo posto e Jeep Avenger al quinto. Leapmotor, con il modello T03, si trova invece al settimo posto, seguito da Fiat 500 al nono.

In riferimento al mercato per segmenti (Fig. 5), nel mese di giugno sono ancora i SUV a costituire la fetta più consistente del mercato, con una quota del 59% e volumi in ribasso del 3,8% rispetto a giugno 2024.

Nel dettaglio, i SUV piccoli rappresentano il 12,5% del mercato del mese (-6,5% rispetto a giugno 2024), i SUV compatti il 27,8% (-12,8%) e i SUV medi il 10,8%, (+7,5%), mentre le vendite di SUV grandi sono il 7,9% del totale (+31,7%). Il 18,9% dei SUV venduti nel mese di giugno è del Gruppo Stellantis.

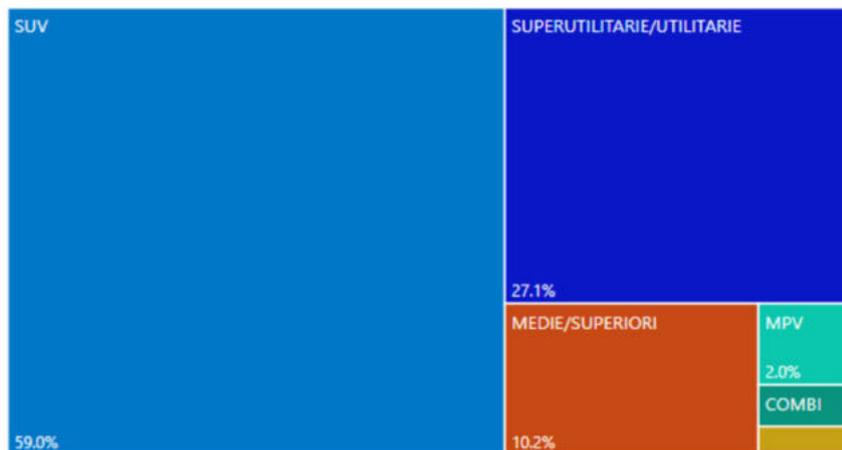
In aumento del 2,3% nel cumulato, i SUV detengono una quota del 56,7%.

Continua l'ottima performance di Jeep Avenger, che è prima nella top ten dei SUV piccoli. Stellantis è presente anche nella top ten, con Fiat 600 al terzo posto, Alfa Romeo Junior al sesto e Opel Mokka all'ottavo.

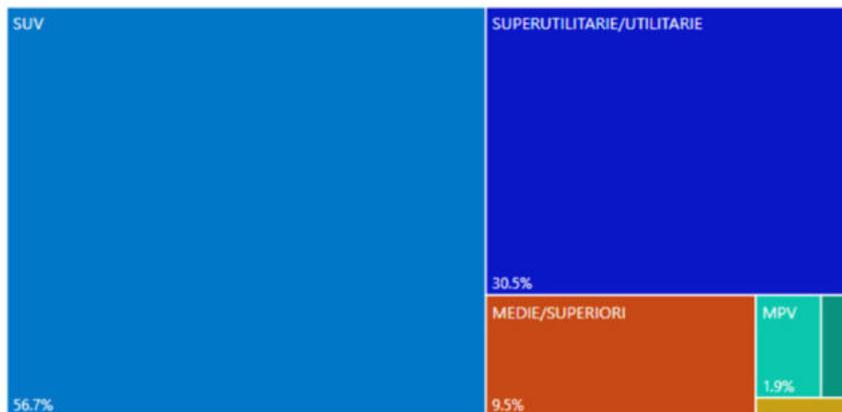
Tra i SUV compatti, Peugeot 2008 è la sesta auto più venduta del segmento.

Alfa Romeo Tonale chiude al quin-

2025 MS % (giugno) Segmento



2025 MS % (YTD) Segmento



(Fonte: ANFIA)

Figura 5 – Riferimenti al mercato per segmenti: in oro le lusso sportive, con una quota mensile dello 0,7% e semestrale dello 0,5%. In verde le combi, con una quota dell'1% a giugno e dello 0,9% nel semestre.

to posto nella categoria SUV medi, due posizioni al di sotto di Peugeot 3008, che troviamo al terzo posto.

Tra i SUV grandi, troviamo solo Peugeot 5008 al sesto posto.

Le autovetture utilitarie e superutilitarie rappresentano il 27,1% del mercato, con volumi in calo del 36,9% rispetto a quelli di giugno scorso, mentre nei sei mesi diminuiscono dell'11,9%, a fronte di una quota del 30,5%.

Il modello più venduto della categoria rimane Fiat Panda. Del Gruppo Stellantis si trovano nella top ten del cumulato anche Citroen C3 al terzo posto, Peugeot 208 al quarto e Opel Corsa al settimo.

Le auto dei segmenti medi hanno una quota del 10,2% a giugno, con un mercato in calo del 22,3% rispetto allo stesso mese del 2024. Nel cumulato, i segmenti C, D ed E hanno una market share del 9,5% (-11,1%). In classifica, l'unica auto rappresentata il Gruppo Stellantis, è Peugeot 308 al settimo posto.

Secondo l'indagine ISTAT, a giugno si stima una diminuzione dell'indice del clima di fiducia dei consumatori (base 2010=100), che passa da 96,5 a 96,1, mentre l'indice composito del clima di fiducia delle imprese (Iesi) sale da 93,1 a 93,9.

In riferimento al clima di fiducia dei consumatori, cala anche l'indice relativo all'opportunità attuale all'acquisto di beni durevoli, tra cui l'automobile, che passa da -65,3 a -69,4.

Secondo le stime ISTAT, a giugno l'indice nazionale dei prezzi al consumo registra un aumento dello 0,2% su base mensile e dell'1,7% su giugno 2024 (da +1,6% del mese precedente). La dinamica tendenziale dell'indice generale risente dell'accelerazione dei prezzi dei Beni alimentari non lavorati (da +3,5% a +4,2%) e lavorati (da +2,7% a +3%) e di quelli dei Servizi relativi ai trasporti (da +2,6% a +2,9%), oltre che dell'attenuarsi della flessione dei prezzi dei Beni durevoli (da -1,1% a -0,8%). Decelerano, invece, i prezzi dei Beni energetici regolamentati (da +29,3% a +22,7%) e si amplia la flessione di quelli dei Beni

energetici non regolamentati (da -4,3% a -4,6%).

Nell'ambito di quest'ultimi, si accentua la flessione su base annua a causa dei prezzi dell'Energia elettrica mercato libero (da -4,9% a -9%) e di quelli del Gas di città e gas naturale mercato libero (da -1,2% a -4,7%). Al contrario, si attenua il calo dei prezzi del Gasolio per mezzi di trasporto (da -9% a -5,3%; +1,6% su maggio), della Benzina

(da -10,2% a -7,5%; +0,8% su maggio) e di quelli del Gasolio per riscaldamento (da -10,5% a -8,4%; +0,4% su maggio).

Il Gruppo Stellantis, nel complesso, totalizza nel mese 32.446 immatricolazioni (-32,9%), con una quota di mercato del 24,5%.

Nei primi sei mesi dell'anno, le immatricolazioni complessive ammontano a 249.761 unità (-12,2%), con una quota di mercato del 29,2%.

Sono due i modelli del Gruppo Stellantis nella top ten di giugno, con Fiat Panda stabile in testa alla classifica (8.250 unità), seguita, al quarto posto, da Jeep Avenger (3.119).

Il mercato di DR Automobiles, coi suoi marchi DR, EVO, ICH-X, Sportequipe e Tiger, registra una crescita del 27,1% nel mese e del 5,6% nel cumulato. Il Costruttore molisano costituisce il 2,1% del mercato di giugno e l'1,6% nei primi sei mesi del 2025.

Per finire, il mercato dell'usato totalizza 439.475 trasferimenti di proprietà al lordo delle minivolture a concessionari a giugno 2025, il 4,4% in più rispetto a giugno 2024. Nel primo semestre del 2025, i trasferimenti di proprietà sono 2.867.249, in crescita del 3,6% rispetto allo stesso periodo del 2024 (Da: *Comunicato Stampa ANFIA*: 1 luglio 2025).

VARIE

Nazionale: ACN-ASI, al via la collaborazione cyber nel settore spazio e aerospazio

Maggiore coordinamento e iniziative comuni di rafforzamento della

cybersicurezza sono i principali temi trattati nell'incontro tra B. FRATTASI, direttore generale di ACN, e T. VALENTE, presidente dell'Agenzia Spaziale Italiana, avvenuto presso la sede dell'Agenzia per la cybersicurezza nazionale.

Un dialogo che si prefigge l'obiettivo di rafforzare la cooperazione tra le due Agenzie rispetto alla sicurezza e alla resilienza cibernetica dei settori spaziale e aerospaziale, la cui crescita porta con sé aspetti rilevanti come la cybersicurezza dei dispositivi, dei mezzi e delle connessioni satellitari.

“Aver posto le basi di questo prossimo accordo con l'ASI - commenta il Direttore B. FRATTASI a margine dell'incontro -rappresenta un ulteriore tassello nella politica di coesione e raccordo istituzionale che l'Agenzia sta portando avanti, coerentemente con la sua missione. La cura della dimensione orizzontale di coordinamento in ambito nazionale richiede poi di essere integrata, con la stessa attenzione, verso la dimensione verticale, ovvero verso le istituzioni europee”, prosegue il Direttore di ACN. “Mi piace sottolineare, a tal proposito, come in questi giorni l'Agenzia stia ospitando, in qualità di centro nazionale di competenza, la riunione di coordinamento dell'*European Cybersecurity Competence Center*, l'organo europeo che si occupa dello sviluppo dell'industria cyber in Europa”.

“L'incontro con ACN è volto a rafforzare le sinergie e la collaborazione istituzionale in un periodo in cui lo spazio e la sicurezza cyber – sottolinea il presidente dell'Agenzia Spaziale Italiana, T. VALENTE - sono ormai elementi inscindibili. Questo anche alla luce dei contenuti presenti nella Legge Spazio approvata di recente. Il tema cyber si caratterizza per una dimensione orizzontale e al tempo stesso per linee verticali di alta specializzazione e lo spazio costituisce uno dei domini verticali di grande rilievo e importanza. Condividere prassi, metodologie, azioni con ACN è, pertanto, per ASI una priorità”.

L'accordo tra le due Agenzie promuoverà lo sviluppo e la condivisione delle migliori pratiche di sicurezza

za informatica, tra cui metodologie *zero trust*, crittografia post quantum, anche in relazione alle speciali competenze che la legge 90/2024 ha riconosciuto ad ACN con l'istituzione del Centro nazionale di crittografia. Inoltre, verranno curate attività congiunte in tema di scambio informativo, conoscenza della minaccia, anche ai fini di protezione dei dati e delle infrastrutture ASI, formazione e training del personale, nonché campagne di comunicazione (Da: *Comunicato Stampa ASI*, 2 luglio 2025),

Sicilia-Puglia: Porti di Augusta e Taranto, firmato il decreto per lo sviluppo degli hub offshore

Il decreto interministeriale che individua le aree demaniali maritti-

me idonee allo sviluppo di hub cantieristici *offshore* per il rafforzamento della filiera industriale nazionale nel settore delle energie rinnovabili marine è stato firmato.

Le aree prioritarie selezionate sono quelle di Augusta e Taranto, scelte in base a criteri di fattibilità tecnico-economica, disponibilità di spazi, tempi di realizzazione e connessione logistica. Gli interventi infrastrutturali previsti – tra cui ammodernamenti, dragaggi e adeguamenti di banchine – permetteranno lo sviluppo di attività fondamentali come produzione, assemblaggio e varo di componenti per impianti eolici galleggianti.

Il valore complessivo degli investimenti ammonta a 78,3 milioni di euro, distribuiti su tre annualità

a partire dal 2025, e sarà finanziato tramite la riassegnazione dei proventi derivanti dalle aste delle quote di emissione di CO₂.

Con questa iniziativa, il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, in collaborazione con il Ministero dell'Ambiente e il Ministero dell'Economia, avvia un percorso strategico per la transizione energetica, lo sviluppo sostenibile della cantieristica portuale e il consolidamento del ruolo dell'Italia nel Mediterraneo come hub industriale per l'eolico *offshore*.

Il vicepresidente del Consiglio e ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti, M. SALVINI, che ha seguito con attenzione il dossier, ha espresso grande soddisfazione (Da: *Comunicato Stampa MIT*, 4 luglio 2025).



Costruzioni
Linee
Ferroviarie



Promofer
Safety Services

UNIFERR



dal 1945
il futuro viaggia
su binari sicuri



Strukton
Rail

Notizie dall'estero *News from foreign countries*

Massimiliano BRUNER

TRASPORTI SU ROTAIA RAILWAY TRANSPORTATION

Germania: il treno di prova ICE raggiunge i 405,0 km/h e raccoglie informazioni chiave per l'alta velocità ferroviaria

Deutsche Bahn (DB) e Siemens Mobility hanno raggiunto una velocità di 405,0 km/h con un treno di prova ICE sulla tratta ad alta velocità tra Erfurt e Lipsia/Halle (Fig. 1). Le corse dei treni a velocità superiori a 300 km/h sono estremamente rare sulla rete ferroviaria tedesca e vengono effettuate esclusivamente a scopo di test.

Il Dott. P. NAGL, CEO di DB InfraGO AG, ha dichiarato: "Un ICE ha viaggiato più velocemente che mai sulla linea Erfurt-Lipsia/Halle. La nuova velocità massima di 405,0 km/h conferma inoltre le elevate prestazioni dell'infrastruttura su questa tratta ad alta velocità: dopo dieci anni di esercizio continuo, possiamo viaggiare a velocità così elevate senza alcuna modifica. Ciò dimostra che gli investimenti infrastrutturali gettano le basi per una mobilità e una logistica affidabili, sostenibili e ad alta capacità per tutte le generazioni. I test ci forniscono dati cruciali per il rinnovamento e la manutenzione delle tratte ad alta velocità, nonché per lo sviluppo tecnico dei treni ad alta velocità, a tutto vantaggio dei nostri passeggeri". C. HIRTE, Sottosegretario di Stato parlamentare presso il Ministro Federale dei Trasporti, ha sottolineato: "La Germania è e può essere al top! La corsa ad alta velocità dimostra che in Germania disponiamo di infrastrutture di alta qualità e di un'industria forte. I risultati dei test ottenuti

saranno di grande valore per DB AG negli appalti futuri e utili ai clienti, aiutandoli a raggiungere le loro destinazioni in modo rapido, sicuro e puntuale. Questa corsa ad alta velocità rafforza anche la posizione della Germania come nazione economica ed esportatrice". T. GRAETZ, Vicepresidente Treni Alta Velocità e Intercity di Siemens Mobility, ha dichiarato: "Il successo dei test del nostro veicolo di prova Velaro Novo, che ha raggiunto una velocità di 405,0 km/h nell'ambito del programma ICE-S, dimostra chiaramente le capacità prestazionali della nostra ultima generazione di treni ad alta velocità. Il nostro obiettivo era acquisire conoscenze approfondite su acustica, aerodinamica e comporta-

mento di marcia a velocità estreme, e ci siamo riusciti grazie all'eccellente collaborazione con DB InfraGO AG e DB Systemtechnik. Il Velaro Novo rivoluzionerà la tecnologia ferroviaria, stabilendo nuovi standard in termini di capacità, efficienza ed economicità. Innovazioni come questa sono fondamentali per una mobilità sostenibile e orientata al futuro".

Dr. H.M. UNGER, Presidente del Consiglio di Amministrazione di DB Systemtechnik, ha commentato: "Promuovere l'innovazione e preparare il trasporto ferroviario al futuro: è a questo che noi di DB Systemtechnik contribuiamo con le nostre corse di prova. Con il nostro treno di misurazione ad alta velocità, l'ICE-S, siamo stati in grado di raccogliere oggi molte importanti informazioni su acustica, aerodinamica, comportamento di marcia e interazione tra treno e binario ad altissima velocità. Queste conoscenze supportano l'ulteriore ammodernamento delle tratte e ci aiutano a ottimizzare l'esercizio ferroviario, in particolare quello ad alta velocità".

L'ICE-S di DB Systemtechnik vie-



(Fonte - Source: Siemens Mobility)

Figura 1 - Deutsche Bahn (DB) e Siemens Mobility hanno raggiunto una velocità di 405,0 km/h con un treno di prova ICE sulla tratta ad alta velocità tra Erfurt e Lipsia/Halle.

Figure 1 - Deutsche Bahn (DB) and Siemens Mobility have reached a speed of 405.0 km/h with an ICE test train on the high-speed route between Erfurt and Leipzig/Halle.

ne utilizzato principalmente per corse di prova e misurazione. Viene utilizzato per testare nuove linee, ispezionare l'infrastruttura ed eseguire vari test ad alta velocità. Per analizzare e ottimizzare con precisione le condizioni operative sulle tratte ad alta velocità, è dotato di una tecnologia di misurazione avanzata. Questo rende l'ICE-S un componente essenziale per il continuo sviluppo e la garanzia delle prestazioni della rete ferroviaria ad alta velocità tedesca.

Il nuovo Velaro Novo di Siemens Mobility rappresenta l'ulteriore sviluppo coerente delle tre precedenti generazioni di Velaro. Numerose innovazioni dettagliate rendono questo treno ad alta velocità un veicolo altamente efficiente, che consuma fino al 30% di energia in meno e riduce significativamente i costi di investimento e manutenzione. Allo stesso tempo, la capacità di posti a sedere è stata aumentata del 10%. Grazie a un'ampia gamma di opzioni di configurazione, il Velaro Novo è a prova di futuro e può essere adattato in modo flessibile alle nuove esigenze degli operatori anche dopo anni di servizio. Il veicolo di prova Velaro Novo, denominato #seeitnovo, è in fase di test come parte del programma ICE-S da diversi anni sulla rete ferroviaria tedesca a lunga percorrenza.

In servizio regolare, i treni veloci ICE tedeschi raggiungono velocità fino a 300 km/h. Queste velocità vengono raggiunte su linee ad alta velocità appositamente designate, come quelle tra Berlino e Monaco o Colonia e Francoforte. Queste tratte sono appositamente costruite per garantire un funzionamento sicuro ad alta velocità.

La tratta Erfurt-Lipsia/Halle, parte del Progetto di Trasporto Unificato Tedesco n. 8 (VDE 8), è entrata in servizio nel 2015 ed è progettata per i viaggi ad alta velocità. Prima dei test, la linea è stata sottoposta a un'ispezione completa da parte di esperti e si trova ancora in ottime condizioni. Attualmente è chiusa fino al 12 luglio per manutenzione e ottimizzazione. Tra gli altri lavori, si stanno installando in particolare appoggi a bassa

manutenzione per garantire che l'infrastruttura di questa linea ad alta velocità rimanga affidabile e performante. Il traffico ferroviario verrà deviato sulla linea parallela durante la chiusura (Da: *Comunicato Stampa Siemens Mobility*, 18 giugno 2025).

Germany: ICE test train reaches 405.0 km/h and gathers key insights for high-speed rail

Deutsche Bahn (DB) and Siemens Mobility have reached a speed of 405.0 km/h with an ICE test train on the high-speed route between Erfurt and Leipzig/Halle (Fig. 1). Train runs at speeds above 300 km/h are extremely rare on the German rail network and are conducted exclusively for testing purposes.

Dr. P. NAGL, CEO of DB InfraGO AG declared "An ICE has traveled faster than ever before on the Erfurt–Leipzig/Halle line. A new top speed of 405.0 km/h also confirms the high performance of the infrastructure on this high-speed route: after ten years of continuous operation, we can run at such high speeds without any modifications. It proves that infrastructure investments lay the foundation for reliable, sustainable, and high-capacity mobility and logistics across generations. The test runs are providing us with crucial data for the refurbishment and maintenance of high-speed routes as well as for the technical development of high-speed trains, which ultimately benefits our passengers."

C. HIRTE, Parliamentary State Secretary at the Federal Minister for Transport highlighted, "Germany is and can be top! Today's top-speed run shows that we in Germany have high-quality infrastructure and a powerful industry. The test results obtained will be of great value for DB AG in future procurements and beneficial to customers, helping them reach their destinations quickly, safely and punctually. This high-speed run also strengthens Germany's position as an economic and export nation."

T. GRAETZ, Vice President High Speed and Intercity Trains, Siemens

Mobility said, "The successful test runs of our Velaro Novo test vehicle, which today reached a speed of 405.0 km/h as part of the ICE-S, clearly demonstrate the performance capabilities of our latest generation of high-speed trains. Our goal was to gain deep insights into acoustics, aerodynamics and ride behavior at extreme speeds – and we achieved that today thanks to excellent collaboration with DB InfraGO AG and DB Systemtechnik. The Velaro Novo will revolutionize rail technology by setting new standards for capacity, efficiency and cost-effectiveness. Innovations like this are key to sustainable and future-oriented mobility."

Dr. H.-M. UNGER, Chairwoman of the Management Board of DB Systemtechnik remarked, "Driving innovation forward and preparing rail transport for the future – that's what we at DB Systemtechnik contribute to with our test runs. With our high-speed measurement train, the 'ICE-S', we were able to gather many important findings today on acoustics, aerodynamics, ride behavior and the interaction between train and track at very high speeds. These findings support further route refurbishment and help us optimize rail operations – especially high-speed rail."

The ICE-S from DB Systemtechnik is primarily used for test and measurement runs. It is used to test new lines, inspect infrastructure and carry out various high-speed tests. To precisely analyze and optimize operating conditions on high-speed routes, it is equipped with extensive measurement technology. This makes the ICE-S an essential component in the continued development and assurance of performance in the German high-speed rail network.

The new Velaro Novo from Siemens Mobility is the consistent further development of three previous Velaro generations. Numerous detailed innovations make this high-speed train a highly efficient vehicle, consuming up to 30 percent less energy while significantly reducing investment and maintenance costs. At the same time, seating capacity has been increased by ten percent. Thanks to a

wide range of configuration options, the Velaro Novo is future-proof and can still be flexibly adapted to new requirements of operators even after years in service. The Velaro Novo test vehicle, named #seeitnovo, has been undergoing testing as part of the ICE-S for several years on the German long-distance rail network.

In regular service, Germany's fast ICE trains run at speeds of up to 300 km/h. These speeds are achieved on specially designated high-speed lines, such as those between Berlin and Munich or Cologne and Frankfurt. These routes are specially constructed to ensure safe operation at high speeds.

The Erfurt–Leipzig/Halle route, part of German Unity Transport Project No. 8 (VDE 8), entered service in 2015 and is designed for high-speed travel. Before the test runs, the line underwent a comprehensive inspection by experts and remains in excellent condition. It is currently closed until 12 July for maintenance and optimization. Among other work, particularly low-maintenance bridge bearings are being installed to ensure that the infrastructure on this high-speed line remains reliable and high-performing. Train traffic is being rerouted to the parallel line during the closure (From: Siemens Mobility Press Release, June 18th, 2025).

TRASPORTI INTERMODALI INTERMODAL TRANSPORTATION

Cile: esercizio di autocarri elettrici

Maersk e Sotraser avranno a disposizione due tipi di autocarri elettrici:

- Volvo FH Electric e FM Electric: dotati di batterie da 540 kWh, questi autocarri vantano un'autonomia impressionante di circa 300 km per carica.
- Foton EAuman 2554: con una batteria da 350 kWh, questo modello raggiunge un'autonomia di circa 220 km per carica.

Questi autocarri elettrici possono

trasportare tra le 24 e le 25 tonnellate di carico, rispettando gli standard legali cileni in termini di peso e limiti per asse e garantendo prestazioni pari a quelle dei autocarri diesel tradizionali (Fig. 2).

A Santiago, l'attività prevede 20 stazioni di ricarica simultanee con una capacità installata totale di 1.200 kW. Utilizzando caricabatterie separati da 600 kW, la configurazione consente una gestione flessibile dell'energia, con capacità di ricarica che vanno da 60 kW a 240 kW per connettore. È importante sottolineare che l'operazione è alimentata al 100% da energia rinnovabile certificata secondo i Certificati Internazionali per l'Energia Rinnovabile (I-REC).

Questi autocarri elettrici sono progettati per tratte urbane, interurbane e portuali. Le tratte attuali includono aree ad alta attività all'interno della Regione Metropolitana, distribuzione urbana e collegamenti interurbani chiave come Santiago-Viña del Mar e Santiago-San Antonio. Ad Antofagasta, i autocarri elettrici sono già

operativi verso il porto di Mejillones, dove trasportano prodotti chimici per l'industria mineraria.

La collaborazione con Sotraser rappresenta un significativo passo avanti. Il potenziale del Cile per l'elettromobilità nel trasporto pesante è promettente, con progetti in corso che dimostrano i vantaggi dei autocarri elettrici. Siamo soddisfatti dei risultati finora ottenuti e si tratta di un passo significativo per la logistica nella regione.

A. RODRIGUEZ, Responsabile dell'Energy Transition Execution per l'America Latina di Maersk, ha sottolineato: "L'integrazione della nostra flotta 100% elettrica nelle operazioni di Maersk non è solo una pietra miliare per Sotraser, ma è anche un chiaro segnale che il futuro della logistica è già in atto. Siamo orgogliosi di partecipare a questa trasformazione insieme a un leader globale come Maersk e siamo fiduciosi che questo sia solo il primo passo di un percorso che costruiremo insieme, riducendo le emissioni e promuovendo soluzioni



(Fonte - Source: Maersk)

Figura 2 – A Santiago del Cile, un'iniziativa a sostegno della decarbonizzazione delle catene di approvvigionamento in America Latina: A.P. Moller - Maersk (Maersk) ha stretto una partnership con il fornitore di trasporti locale Sotraser Chile per introdurre autocarri elettrici nella sua offerta di servizi. Questa iniziativa segna un passo significativo verso la riduzione delle emissioni di gas serra della logistica nella regione.

Figure 2 — In Santiago de Chile a move to support the decarbonisation of supply chains across Latin America, A.P. Moller - Maersk (Maersk) has partnered with local transportation provider Sotraser Chile to introduce electric trucks into its service offerings. This initiative marks a significant step towards reducing logistics' greenhouse gas emissions in the region.

di trasporto più efficienti per il Cile e il Sud America”.

P. P. STAUB, Responsabile Elettromobilità di Sotraser, ha dichiarato: “Durante la fase pilota, le aziende hanno implementato con successo un’operazione di trasporto 100% elettrica, coprendo oltre 8.400 km in 31 viaggi su tratte come i collegamenti interurbani all’interno di Santiago e Santiago-San Antonio”.

Nell’ambito dell’iniziativa globale di Maersk per raggiungere zero emissioni nette entro il 2040, l’azienda ha fissato un obiettivo a medio termine per il trasporto terrestre. Maersk sta attivamente esplorando opportunità in Brasile, Perù, Guatemala, Panama e Uruguay per espandere queste soluzioni, offrendo ai clienti una gamma più ampia di opzioni di trasporto a basse emissioni di gas serra rispetto ai motori a combustione convenzionale.

- Nota per il lettore: informazioni su Maersk

A.P. Moller - Maersk è un’azienda di logistica integrata che si impegna a connettere e semplificare le *supply chain* dei propri clienti. Leader globale nei servizi logistici, l’azienda opera in oltre 130 paesi e impiega circa 100.000 persone. Maersk punta a raggiungere zero emissioni nette di gas serra entro il 2040 in tutta l’attività grazie a nuove tecnologie, nuove navi e carburanti a ridotte emissioni di gas serra (Maersk definisce “carburanti a ridotte emissioni di gas serra” i carburanti con una riduzione di almeno il 65% delle emissioni di gas serra lungo l’intero ciclo di vita, rispetto ai combustibili fossili, pari a 94 g CO₂e/MJ).

- Nota per il lettore: informazioni su Sotraser

Fondata nel 1992 a Los Angeles, in Cile, Sotraser è un’azienda leader nel settore dei trasporti e della logistica e uno dei principali operatori cargo del Paese. Negli ultimi 30 anni, ha ampliato le sue attività a livello nazionale, gestendo una flotta di oltre 650 autocarri pesanti nelle sedi strategiche di Los Angeles, Santiago e Antofagasta e impiegando oltre 1.500 persone in tutto il Cile. Nel 2024, Sotraser ha raggiunto traguardi importanti, percorrendo

oltre 70 milioni di km e trasportando oltre 4,6 milioni di tonnellate di merci, mantenendo una forte presenza in settori chiave come l’industria mineraria, la vendita al dettaglio, i materiali pericolosi e l’agricoltura.

A dimostrazione del suo impegno per la sostenibilità, Sotraser gestisce ora la più grande flotta di autocarri pesanti elettrici del Sud America, aiutando i suoi clienti a ridurre le emissioni di Scope 3 e supportando la transizione verso un trasporto merci più efficiente. Dal 2022, l’azienda ha misurato la propria impronta di carbonio negli Scope 1, 2 e 3 (Da: *Comunicato Stampa Maersk*, 28 maggio 2025).

Chile: Electric Truck Operations

Maersk and Sotraser will have available two types of electric trucks:

- *Volvo FH Electric and FM Electric: Equipped with 540-kWh batteries, these trucks boast an impressive range of approximately 300 km per charge.*
- *Foton EAuman 2554: With a 350-kWh battery, this model achieves a range of around 220 km per charge.*

These electric trucks can transport between 24 and 25 tons of cargo, meeting Chilean legal standards for weight and axle limits, and ensuring performance on par with traditional diesel trucks (Fig. 2).

In Santiago, the operation features 20 simultaneous charging stations with a total installed capacity of 1,200 kW. Utilizing split chargers of 600 kW, the setup allows for flexible energy management, with charging capacities ranging from 60 kW to 240 kW per connector. Importantly, the operation is powered by 100% renewable energy certified under the International Renewable Energy Certificates (I-RECs).

These electric trucks are designed for urban, interurban, and port routes. Current routes include high-activity areas within the Metropolitan Region, urban distribution, and key interurban connections such as Santiago – Viña del Mar and Santiago – San Antonio. In Antofagasta, electric trucks are already operational towards the Port of

Mejillones, transporting chemicals for the mining industry.

The collaboration with Sotraser is a significant step forward. Chile’s potential for electromobility in heavy-duty trucking is promising, with ongoing projects showcasing the benefits of electric trucks. We’re pleased with the results so far, and it’s a notable step for logistics in the region.

A. RODRIGUEZ, Head of Energy Transition Execution for Latin America at Maersk, highlighted, “Integrating our 100% electric fleet into Maersk’s operations is not just a milestone for Sotraser — it is a clear signal that the future of logistics is already underway. We are proud to be part of this transformation alongside a global leader like Maersk, and we are confident that this is just the first step on a journey we will build together, decreasing emissions and driving more efficient transport solutions for Chile and South America.”

P. P. STAUB, Electromobility Manager at Sotraser, said, “During the pilot phase, the companies successfully implemented a 100% electric transportation operation, covering over 8,400 km across 31 trips on routes such as interurban connections within Santiago, and Santiago - San Antonio.”

As part of Maersk’s global initiative to achieve net zero emissions by 2040, the company has set a mid-term milestone for land transportation. Maersk is actively exploring opportunities in Brazil, Peru, Guatemala, Panama, and Uruguay to expand these solutions, providing customers with a broader range of lower GHG emissions transportation options compared to conventional combustion engines.

- *Note for the Reader: about Maersk*

A.P. Moller - Maersk is an integrated logistics company working to connect and simplify its customers’ supply chains. As a global leader in logistics services, the company operates in more than 130 countries and employs around 100,000 people. Maersk is aiming to reach net zero GHG emissions by 2040 across the entire business with new technologies, new vessels, and reduced GHG emissions fuels (Maersk defines “reduced GHG emissions fuels”

as fuels with at least 65% reductions in GHG emissions on a lifecycle basis compared to fossil of 94 g CO₂e/MJ).

- *Note for the Reader: about Sotraser*

Founded in 1992 in Los Angeles, Chile, Sotraser is a leading transportation and logistics company and one of the country's principal cargo operators. Over the past 30 years, it has expanded its operations nationwide, managing a fleet of more than 650 heavy trucks across strategic bases in Los Angeles, Santiago, and Antofagasta, and employing over 1,500 people throughout Chile. In 2024, Sotraser achieved major milestones, traveling more than 70 million km and transporting over 4.6 million tons of cargo, while maintaining a strong presence in key sectors such as mining, retail, hazardous materials, and agriculture.

Demonstrating its commitment to sustainability, Sotraser now operates the largest fleet of electric heavy trucks in South America, helping its customers reduce Scope 3 emissions and supporting the transition to more efficient freight transport. Since 2022, the company has measured its carbon footprint across Scopes 1, 2, and 3 (From: Maersk Press Release, May 28th, 2025).

TRASPORTI URBANI URBAN TRANSPORTATION

Colombia: a Bogotá la prima linea della Metropolitana raggiunge il 55% di avanzamento

Il progetto della Prima Linea della

Metropolitana di Bogotá ha raggiunto un avanzamento fisico pari a circa il 55 %, consolidandosi come una delle principali opere infrastrutturali in corso in America Latina (Fig. 3). Nel mese di Giugno 2025, sono infatti stati avviati i lavori di costruzione del viadotto sopraelevato lungo Avenida Caracas, asse strategico nel quadrante orientale della città. Tali attività comportano temporanee modifiche alla viabilità urbana, gestite in coordinamento con le autorità locali.

La linea si svilupperà su 24 km completamente sopraelevati, includerà 16 stazioni e sarà dotata di sistema automatico senza conducente, (GOA4) con una capacità stimata di 72.000 passeggeri/ora per direzione. L'infrastruttura è affidata al concessionario Metro Línea 1 S.A.S., composto da China Harbour Engineering Company (CHEC) e Xi'an Metro, con la fornitura dei convogli da parte di CRRC Changchun Railway Vehicles.

La supervisione tecnica e contrattuale è garantita da un consorzio internazionale di Interventoría, del quale Italferr fa parte, che contribuisce con il proprio know-how in ingegneria ferroviaria, project management e controllo qualità alla realizzazione dell'opera. L'arrivo dei primi treni è previsto nella seconda metà del 2025, mentre l'entrata in esercizio commerciale della linea è stimata per l'anno 2028.

Con questo progetto, Bogotá si avvicina a un modello di mobilità urbana sostenibile, efficiente e integrata, rafforzando al contempo la presenza del sistema ingegneristico italiano nei grandi progetti internazionali (Da:

Comunicato Stampa Italferr Gruppo FS, 11 giugno 2025).

Colombia: in Bogotá the first Metro line reaches 55% progress

The project of the First Line of the Bogotá Metro has reached a physical progress of approximately 55%, consolidating itself as one of the main infrastructure works underway in Latin America (Fig. 3). In June 2025, construction work began on the elevated viaduct along Avenida Caracas, a strategic axis in the eastern quadrant of the city. These activities involve temporary changes to the urban road system, managed in coordination with the local authorities.

The line will be developed over 24 km completely elevated, will include 16 stations and will be equipped with an automatic driverless system (GOA4) with an estimated capacity of 72,000 passengers/hour per direction. The infrastructure is entrusted to the concessionaire Metro Línea 1 S.A.S., composed of China Harbour Engineering Company (CHEC) and Xi'an Metro, with the supply of the trains by CRRC Changchun Railway Vehicles.

Technical and contractual supervision is guaranteed by an international consortium of Interventoría, of which Italferr is a member, which contributes its know-how in railway engineering, project management and quality control to the construction of the work. The arrival of the first trains is expected in the second half of 2025, while the commercial entry into service of the line is estimated for the year 2028.



(Fonte - Source: Italferr Gruppo FS)

Figura 3 – Schema semplificato della prima linea di Metropolitana di Bogotá.

Figure 3 – Simplified diagram of the first line of the Bogota Metro.

With this project, Bogotá is moving closer to a sustainable, efficient and integrated model of urban mobility, while strengthening the presence of the Italian engineering system in large international projects (From: Press Release Italferr Gruppo FS, June 11th, 2025).

INDUSTRIA MANUFACTURES

Polonia: l'industria ferroviaria europea si riunisce per sollecitare investimenti, riforme industriali e politiche per l'alta velocità

L'industria ferroviaria europea si è riunita nel cuore della Polonia per affrontare questioni cruciali come i futuri finanziamenti ferroviari dell'UE, le sfide della competitività, il commercio e il modo migliore per procedere con una rete ferroviaria europea ad alta velocità.

La 34a Assemblea Generale dell'UNIFE a Varsavia ha ospitato alti rappresentanti dell'UE e dell'industria ferroviaria, mentre 13 nuovi membri hanno espresso fiducia nella visione dell'Associazione europea dell'industria ferroviaria di rendere la ferrovia il principale mezzo di trasporto europeo.

Il Direttore Generale dell'UNIFE, E. WIEBE, ha presieduto i lavori, dichiarando che l'industria deve rispondere in modo efficace una volta che le istituzioni dell'UE avranno presentato le bozze di decisione sul prossimo bilancio dell'UE e sulle iniziative future, come un piano per una rete ferroviaria europea ad alta velocità.

Con la bozza del bilancio dell'UE (Quadro Finanziario Pluriennale) che sarà presentata il mese prossimo, E. WIEBE ha ricordato ai responsabili politici che senza investimenti in tecnologia, le reti ferroviarie europee rischiano di stagnare e di non riuscire a soddisfare l'altissima domanda pubblica di servizi ferroviari più numerosi e frequenti. Inoltre, il finanziamento sarà fondamentale per garantire la resilienza della rete nel contesto della mobilità militare.

Inoltre, UNIFE ha confermato il suo sostegno alla rete ferroviaria europea ad alta velocità, ma ha invitato la Commissione a fornire dettagli chiave sul finanziamento e a garantire che l'ambizioso progetto apporti benefici alle economie europee e al settore delle forniture.

Inoltre, UNIFE ha avvertito che è necessario garantire la competitività del settore europeo delle forniture ferroviarie negli appalti pubblici e nel commercio, in particolare attraverso la prossima revisione delle Direttive sugli appalti pubblici del 2014 da parte della Commissione europea. Ciò include l'inserimento del settore delle forniture ferroviarie come settore "strategico" e la garanzia della preferenza europea nelle procedure di appalto.

Queste posizioni sono fondamentali per garantire il ruolo di leader del mercato globale del settore europeo delle forniture ferroviarie, conquistato grazie al suo impegno per la qualità e l'innovazione. Questo standard di qualità è stato definito tramite la Certificazione IRIS®. In materia di ricerca e sviluppo, il settore è stato anche fortemente coinvolto nell'Impresa Comune Ferroviaria Europea e ne chiede la prosecuzione nel prossimo bilancio dell'UE.

Il Piano Nazionale di Attuazione 2024 della Polonia delinea un'implementazione strategica del sistema ERTMS/ETCS, con l'obiettivo di dotare circa 9.800 km di linee ferroviarie, principalmente all'interno della rete TEN-T, di ETCS di Livello 2 entro il 2050.

Attualmente in Polonia, l'implementazione dell'ETCS è stata completata su 791,69 km di linee ferroviarie, di cui 626,72 km di Livello 2, 120,25 km di Livello 1 e 50,72 km di Livello 1 con Supervisione Limitata. Il vecchio sistema SHP (Classe B) sarà gradualmente eliminato entro il 2048.

Il membro della Commissione Trasporti e Turismo del Parlamento europeo, D. JOŃSKI (PPE, Polonia), ha sottolineato l'importanza strategica dell'industria ferroviaria europea, ha presentato la sua visione per le

ferrovie e l'importanza di proteggere l'Europa dando priorità alle capacità di mobilità militare ferroviaria. La Polonia era inoltre rappresentata da A. BEROUD, Presidente del Consiglio di Amministrazione di PKP, e da P. WYBORSKI, CEO di PKP Cargo, che hanno fornito un aggiornamento sui principali sviluppi ferroviari e sulle prospettive future del Paese.

La nuova Direttrice Esecutiva dell'Agenzia dell'Unione Europea per le Ferrovie (ERA), O. GHERGHINESCU, ha illustrato ai partecipanti la sua nuova visione per l'agenzia, mentre la Commissione Europea era rappresentata dal Consigliere per l'Innovazione e la Politica Industriale della DG MOVE, K. FITCH, e dal Direttore Esecutivo dell'Impresa Comune Ferroviaria Europea, G. TRAVAINI.

UNIFE ha accolto 13 nuovi membri nell'associazione, tra cui LÜTZE *Transportation* (DE), NKE Austria (AT), *Blu Wireless Technology* (UK), *Westermo Network Technologies* (SE), SRT (IT), *Kombud Group* (PL), *Huber+Suhner* (CH), *Strukton Rail* (NL), *Diehl Aviation Gilching* (DE), NYMWAG CS (CZ), *Tejasa TC - Silentflex* (ES), *WINDHOFF Bahn- und Anlagentechnik* (DE) e *Loram Limited* (UK).

L'Assemblea Generale di UNIFE si è conclusa con l'approvazione di Bruxelles come sede per l'edizione 2026, che si terrà il 10 e 11 giugno.

E. WIEBE, Direttore Generale di UNIFE ha detto: "Dall'ultima Assemblea Generale, il team di UNIFE non ha perso un solo giorno a cercare opportunità per ottenere maggiori finanziamenti per il settore ferroviario e per sostenere gli investimenti nell'innovazione attraverso il successore dell'Impresa Comune Ferroviaria Europea". "Il settore ferroviario sta ricevendo attenzione e c'è molta ambizione, ma da solo non basta. L'industria ferroviaria europea ha bisogno di quadri politici stabili, efficienti e più semplici per realizzare l'implementazione dell'ERTMS, realizzare la rete TEN-T e aumentare l'alta velocità ferroviaria in Europa, e prosperare nel mercato unico e oltre, con la crescente domanda ferroviaria e le previsioni future."

M. PETER, Presidente di UNIFE e CEO di *Siemens Mobility* ha sottolineato “L’unità europea ha bisogno della ferrovia e la ferrovia ha bisogno dell’unità europea. La nostra Assemblea Generale a Varsavia ci ha permesso di compiere progressi concreti e di supportare molti paesi, come la Polonia, nel diventare nuove forze trainanti di una rete ferroviaria europea interconnessa”.

“Possiamo essere ispirati dai progressi del paese, in particolare nell’alta velocità ferroviaria e negli hub di trasporto centralizzati. Durante la nostra Assemblea Generale, abbiamo avuto l’opportunità di sfruttare lo slancio in Polonia per sostenere le nostre priorità chiave UNIFE, tra cui la rapida implementazione di tecnologie come l’ERTMS, la garanzia dei finanziamenti e la spinta per una significativa semplificazione normativa a livello UE”.

D. JOŃSKI, membro del Parlamento europeo, Commissione Trasporti e Turismo ha puntualizzato: “È un privilegio mettere in luce l’industria ferroviaria europea, un settore che guida l’innovazione, la sostenibilità e la competitività, con oltre 650.000 posti di lavoro e un mercato da 58 miliardi di euro. In quanto attore chiave nella riduzione delle emissioni e nel progresso tecnologico, necessita di un forte sostegno da parte dell’UE, di una concorrenza leale e di investimenti strategici per costruire un futuro ferroviario resiliente e innovativo per l’Europa”.

P. WYBORSKI, Presidente del Consiglio di Amministrazione di PLK ha suggerito: “In PKP *Polskie Linie Kolejowe* S.A., consideriamo l’infrastruttura non solo come binari e stazioni, ma come un investimento strategico per l’economia, la società e l’ambiente. Dopo un periodo di rallentamento, il 2024 e il 2025 segnano una forte ripresa, con oltre 6,9 miliardi di euro di gare d’appalto già avviate e altri 3,7 miliardi di euro previsti entro la fine dell’anno”.

A. BEROU, Presidente del Consiglio di Amministrazione e Amministratore Delegato di PKP ha detto: “Ho ricevuto con grande soddisfazione

l’invito a partecipare all’Assemblea Generale di UNIFE a Varsavia. Per noi non è solo un onore, ma anche una conferma del ruolo crescente della Polonia e di PKP nel settore ferroviario europeo. Come Presidente dell’UIC e Amministratore Delegato di PKP S.A., sono lieto che la capitale polacca sia diventata un luogo di dialogo e cooperazione tra i principali attori del mercato ferroviario europeo” (Da: *Comunicato Stampa UNIFE*, 12 giugno 2025).

Poland: EU Rail Industry Meet, urges investment, industrial reforms & high-speed rail policy

Europe’s Rail Supply Industry met in the heart of Poland to tackle crunch issues such as future EU rail funding, competitiveness challenges, trade and the best way to proceed with a European High-Speed Rail Network.

UNIFE’s 34th General Assembly in Warsaw hosted senior EU, and Rail Industry representatives, while 13 new members showed confidence in the European Rail Supply Industry Association’s vision to make rail Europe’s premier mode of transport.

UNIFE Director General E. WIEBE led the proceedings, declaring that industry must respond with impact once EU institutions deliver draft decisions on the upcoming EU Budget and future initiatives such as a plan for a European High-Speed Rail Network.

With the EU Budget (Multiannual Financial Framework) draft set to be delivered next month, Enno Wiebe reminded policymakers that without investment in technology, European rail networks are at risk of stagnating and failing to meet the extremely high public demand for more and frequent rail services. Furthermore, funding will be vital to ensure the resilience of the network in the context of Military Mobility.

Further to this, UNIFE affirmed its support on the European High-Speed Rail Network, but called on the Commission to provide key details on financing and to ensure the ambitious project benefits European economies and the supply industry.

On other matters, UNIFE warned it must ensure the competitiveness of the European Rail Supply Industry in public procurement and trade – in particular through the European Commission’s upcoming review of the 2014 Public Procurement Directives. This includes establishing the rail supply industry as a ‘strategic’ industry and ensuring European preference across procurement procedures.

These positions are critical to ensure the European Rail Supply Industry’s position as global market leader, which has come about through its commitment to quality and innovation. This quality standard has been set through IRIS Certification®. When it comes to R&I, the industry has also been strongly involved in Europe’s Rail Joint Undertaking, and asks for its continuation in the upcoming EU budget.

Poland’s 2024 National Implementation Plan outlines a strategic rollout of the ERTMS/ETCS system, aiming to equip approximately 9,800 km of rail lines, primarily within the TEN-T network, with ETCS Level 2 by 2050.

Currently in Poland, the implementation of ETCS has been completed on 791,69 km of railway lines, 626,72 km were equipped with, Level 2, 120,25 km in Level 1 and 50,72 km in Level 1 Limited Supervision. The older SHP (Class B) system will be gradually phased out by 2048.

Member of the European Parliament’s Transport and Tourism Committee D. JOŃSKI (EPP, Poland) stressed the strategic importance of the European rail supply industry, presented his vision for rail and the importance of securing Europe by prioritising rail military mobility capabilities. Poland was further represented with A. BEROU, President of the Management Board of PKP and P. WYBORSKI CEO PKP Cargo, who delivered an update on major rail developments and future rail prospects in the country.

New Executive Director of the European Union Agency for Railways (ERA) O. GHERGHINESCU addressed attendees on her brand new vision for the agency, while the European Commis-

sion was represented by Advisor for Innovation and Industrial Policy of DG MOVE K. FITCH and Executive Director of Europe's Rail Joint Undertaking G. TRAVAINI.

UNIFE welcomed 13 new members to the association which include LÜTZE Transportation (DE), NKE Austria (AT), Blu Wireless Technology (UK), Westermo Network Technologies (SE), SRT (IT), Kombud Group (PL), Huber+Suhner (CH), Strukton Rail (NL), Diehl Aviation Gilching (DE), NYMWAG CS (CZ), Tejasa TC - Silentflex (ES), WINDHOFF Bahn- und Anlagentechnik (DE) and Loram Limited (UK).

The UNIFE General Assembly concluded with the approval of Brussels as the location for the 2026 edition, to be held on 10-11 June.

E. WIEBE, UNIFE Director General said "Since the last General Assembly, the UNIFE team has not wasted a single day pursuing opportunities for more funding for rail and to sustain investment in innovation through the Europe's Rail Joint Undertaking successor."

"Rail is receiving attention and there is a lot of ambition – but these alone are not enough. The European Rail Supply Industry needs stable, efficient and simpler policy frameworks to achieve the ERTMS roll-out, deliver the TEN-T network and more high-speed rail for Europe, and to thrive on the Single Market and beyond with the increasing rail demand and forecast."

M. PETER, UNIFE Chair and Siemens Mobility CEO highlighted, "European unity needs rail and rail needs European unity. Our General Assembly in Warsaw allowed us to make real progress and support many countries such as Poland to become new driving forces in a connected European rail network."

"We can be inspired by the progress in the country, particularly in high-speed rail and centralised transport hubs. At our General Assembly, we had the chance to build on the momentum in Poland to support our UNIFE key priorities including the quicker deployment of technologies like ERTMS,

securing funding, and pushing for major regulatory simplification at the EU level."

D. JOŃSKI, Member of European Parliament, Transport and Tourism Committee pointed out "It's a privilege to highlight the European Rail Supply Industry — a sector driving innovation, sustainability, and competitiveness with over 650,000 jobs and a €58 billion market. As a key player in reducing emissions and advancing technology, it needs strong EU support, fair competition, and strategic investment to build a resilient, innovative railway future for Europe."

Quotes attributable to P. WYBORSKI, President of the Management Board, PLK "At PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., we view infrastructure not merely as tracks and stations, but as a strategic investment in the economy, society, and the environment. Following a period of slowdown, 2024 and 2025 mark a strong comeback—with over €6,9 billion in tenders already launched and another €3,7 billion planned by the end of the year."

Quotes attributable to A. BEROUD, President of the Management Board and CEO, PKP "I received the invitation to attend the UNIFE General Assembly in Warsaw with great satisfaction. For us, it is not only an honour, but also a confirmation of the growing role of Poland and PKP in the European railway sector. As Chairman of the UIC and CEO of PKP S.A, I am pleased that the capital of Poland has become a place for dialogue and cooperation among key players in the European railway market." (From: UNIFE Press Release, June 12th, 2025).

Spagna: rafforzare la posizione di industria ferroviaria nazionale

Alstom Spagna ha presentato i suoi risultati per l'esercizio finanziario 2024/2025, conclusosi il 31 marzo 2025, insieme al rapporto sull'impatto economico, sociale e ambientale redatto in collaborazione con EY.

Per l'esercizio finanziario 2024/2025, l'azienda ha realizzato un fatturato di 809 milioni di euro, consoli-

dando la sua posizione di leader nel settore ferroviario spagnolo. Di questi ricavi, il 54% è stato generato da progetti internazionali in paesi come Lussemburgo, Messico, Marocco, Repubblica Dominicana, Singapore, Egitto e Canada, tra gli altri.

Sono stati acquisiti nuovi ordini per un valore di 622 milioni di euro, sia sul mercato nazionale che internazionale. Tra questi, progetti di punta come la fornitura di nuovi treni e l'ammodernamento del sistema APM (Automated PM) dell'aeroporto Adolfo Suárez Madrid-Barajas, nonché l'automazione della linea 6 della metropolitana di Madrid. Il portafoglio ordini complessivo per le società Alstom in Spagna e Portogallo ammonta ora a 4,26 miliardi di euro.

- Crescita industriale e impegno ambientale

Alstom continua ad espandere la propria presenza industriale e tecnologica in Spagna, con investimenti cumulativi superiori a 70 milioni di euro negli ultimi cinque anni. L'azienda mantiene una forte presenza in tutti i settori della mobilità ferroviaria, gestendo quattro siti industriali (uno a Barcellona, uno a Bizkaia e due a Madrid) e quattro centri tecnologici (due a Barcellona e due a Madrid).

Secondo il rapporto di impatto di EY, le attività di Alstom in Spagna hanno supportato un totale di 7.316 posti di lavoro nel 2025, inclusi 2.917 ruoli diretti e 4.399 indiretti o indotti, e hanno contribuito per 400 milioni di euro al PIL nazionale.

Con un'esperienza di 170 anni in Spagna, Alstom svolge un ruolo fondamentale nell'ecosistema industriale del Paese. Solo nell'ultimo anno, l'azienda ha effettuato acquisti per oltre 530 milioni di euro da quasi 1.000 fornitori locali, riaffermando il proprio impegno per lo sviluppo della rete commerciale nazionale.

- Promuovere una mobilità sostenibile

Alstom è in prima linea nella transizione verso un trasporto a basse emissioni di carbonio. Secondo l'Agenzia Europea dell'Ambiente, la

ferrovia è il mezzo di trasporto più pulito ed efficiente dal punto di vista energetico per le medie e lunghe distanze. In Spagna, un treno su tre in servizio è stato prodotto da Alstom e oltre la metà dei treni in servizio è dotata di sistemi di segnalamento sviluppati dall'azienda in Spagna.

Oltre a fornire soluzioni sostenibili per operatori e passeggeri, Alstom sta lavorando attivamente per decarbonizzare le proprie attività, con l'obiettivo di raggiungere la neutralità carbonica entro il 2050. L'azienda promuove inoltre ambienti di lavoro inclusivi e sostenibili, rafforzando la propria reputazione di datore di lavoro di riferimento nel settore.

In riconoscimento del suo impegno verso la sostenibilità e la responsabilità sociale, nel gennaio 2025 Alstom Spagna ha ottenuto la certificazione ISO 26000 di livello "Esemplare" dall'organismo internazionale AFNOR (Da: *Comunicato Stampa Alstom*, 3 luglio 2025).

Spain: strengthens position as a national rail industry

Alstom Spain has presented its results for the 2024/2025 financial year, which ended on 31 March 2025, alongside its economic, social, and environmental impact report prepared with EY.

For the fiscal year 2024/2025, the company achieved sales of 809 million euros, consolidating its position as a leading player in the Spanish railway sector. Of these sales, 54% corresponded to international projects in countries such as Luxembourg, Mexico, Morocco, Dominican Republic, Singapore, Egypt, and Canada, among others.

New orders worth 622 million euros were secured across both domestic and international markets. These include flagship projects such as the supply of new trains and the upgrade of the APM system at Adolfo Suárez Madrid-Barajas Airport, as well as the automation of Line 6 of the Madrid Metro. The combined order backlog for Alstom's entities in Spain and Portugal now stands at 4.26 billion euros.

- *Industrial growth and environmental commitment*

Alstom continues to expand its industrial and technological footprint in Spain, with cumulative investments exceeding 70 million euros over the past five years. The company maintains a strong presence across all areas of rail mobility, operating four industrial sites (one in Barcelona, one in Bizkaia and two in Madrid) and four technology centres (two in Barcelona and two in Madrid).

According to EY's impact report, Alstom's operations in Spain supported a total of 7,316 jobs in 2025 — including 2,917 direct and 4,399 indirect or induced roles — and contributed 400 million euros to national GDP.

With a 170-year legacy in Spain, Alstom plays a vital role in the country's industrial ecosystem. In the last year alone, the company made purchases exceeding 530 million euros from nearly 1,000 local suppliers, reaffirming its commitment to the development of the national business network.

- *Driving sustainable mobility*

Alstom is at the forefront of the transition to low-carbon transport. According to the European Environment Agency, rail is the cleanest and most energy-efficient mode of transport for medium and long distances. In Spain, one in every three trains in operation has been manufactured by Alstom, and over half of the trains in service are equipped with signalling systems developed by the company in Spain.

Beyond delivering sustainable solutions for operators and passengers, Alstom is actively working to decarbonise its own operations, with a target of achieving carbon neutrality by 2050. The company also fosters inclusive and sustainable working environments, reinforcing its reputation as an employer of choice in the sector.

In recognition of its commitment to sustainability and social responsibility, Alstom Spain was awarded the "Exemplary" level of ISO 26000 certification by international body AFNOR in January 2025 (From: Alstom Press Release, July 3rd, 2025).

VARIE OTHERS

Internazionale: Comitato di Gestione Europeo (EMC) dell'UIC

Il Comitato di Gestione Europeo (EMC) dell'UIC si è riunito a Roma il 23 giugno, dove è stato accolto da S. DONNARUMMA, Presidente della Regione Europa dell'UIC e Amministratore Delegato del Gruppo FS Italiane, insieme al Direttore Generale dell'UIC, F. DAVENNE, e al Direttore di UIC Europa, S. GÉHÉNOT.

In qualità di organo strategico per la Regione Europa dell'UIC, l'EMC riunisce gli Amministratori Delegati per affrontare le questioni chiave che richiedono un approccio collettivo per generare valore aziendale per il settore ferroviario. L'incontro si è concentrato su diverse priorità delineate nella roadmap europea, ovvero:

- Digital Twin
- Qualità e Robustezza
- FRMCS (Morane 2)

Digital Twin

Il tema del Digital Twin è stato introdotto attraverso presentazioni di Italferr e UIC. S. CASULA di Italferr ha illustrato come FS Italiane stia implementando le tecnologie Digital Twin per l'adattamento ai cambiamenti climatici e la gestione ambientale, nonché per il monitoraggio di ponti ferroviari e stradali, tra le altre applicazioni. Ha sottolineato che liberare appieno il potenziale di queste tecnologie non richiede solo l'implementazione tecnica: richiede interoperabilità e governance strategica. La sfida non è solo tecnica, ma richiede anche coordinamento e allineamento tra tutte le parti interessate.

A complemento di ciò, P. TANE, Responsabile Applicazioni Digitali UIC, ha delineato l'attuale panorama dello sviluppo del Digital Twin. Ha messo in guardia contro un approccio a compartimenti stagni e ha sottolineato l'opportunità, urgente, di sviluppare una visione condivisa e guidata

dagli operatori per raggiungere l'interoperabilità.

Qualità e Solidità

Su questo tema sono stati presentati due approcci diversi ma complementari. K. KERCKAERT (SNCB) ha condiviso i risultati di una relazione di esperti che formula una serie di raccomandazioni per migliorare la solidità della rete e la qualità dei servizi a supporto del trasferimento modale verso la ferrovia. La relazione adotta un quadro olistico di pianificazione strategica e promuove un approccio integrato che combina infrastruttura, governance e tecnologia.

È seguita una presentazione di ProRail, che ha delineato la sua strategia per migliorare la capacità della rete attraverso misure operative. Sviluppato circa 15 anni fa, quando la rete olandese stava attraversando significativi problemi operativi, l'approccio si ispira alle pratiche operative snelle giapponesi. Promuove la semplificazione dell'approccio e un approccio diverso alla progettazione dell'infrastruttura (segnali, deviatori), alle caratteristiche dei veicoli e alle norme operative, tutti fattori che contribuiscono a "killer di capacità" e possono ridurre significativamente questa capacità teorica.

FRMCS (Morane 2)

D. MANDOC, Responsabile FRMCS dell'UIC, ha presentato gli ultimi aggiornamenti sulle specifiche e sul programma di test dell'UIC per il *Future Railway Mobile Communication System* (FRMCS).

L'incontro si è concluso con l'intervento di M. GARRI, *Chief Technology Officer* del Gruppo FS, che ha introdotto le attività di FS sull'intelligenza artificiale.

La prossima riunione del Comita-

to di Gestione Europeo si terrà il 22 settembre 2025 in Polonia (Da: Comunicato Stampa UIC, 1 luglio 2025).

International: UIC European Management Committee (EMC)

The European Management Committee (EMC) of UIC met in Rome on 23 June, where they were welcomed by S. DONNARUMMA, Chairman of the UIC Europe Region and CEO of FS Italiane Group, along with UIC Director General F. DAVENNE and UIC Europe Director S. GÉHÉNOT.

As the strategic body for the UIC Europe Region, the EMC brings together CEOs to address key issues that require a collective approach to generate business value for the railway sector. The meeting focused on several priorities outlined in the European roadmap, namely:

- Digital Twin
- Quality and Robustness
- FRMCS (Morane 2)

Digital Twin

The topic of Digital Twin was introduced through presentations by both Italferr and UIC. S. CASULA from Italferr explained how FS is implementing Digital Twin technologies for climate change adaptation and environmental management, as well as for the monitoring of rail and road bridges, among other applications. He stressed that unlocking the full potential of these technologies involves more than technical implementation; it requires interoperability and strategic governance. The challenge is not solely technical, it also demands coordination and alignment among all stakeholders.

Complementing this, P. TANE, UIC Head of Digital Applications, outlined the current landscape of Digital Twin development. He cautioned against a

siloes approach and highlighted the time-sensitive opportunity to develop a shared, operator-led vision for achieving interoperability.

Quality and Robustness

Two different but complementary approaches were presented on this theme. K. KERCKAERT (SNCB) shared the findings of an expert report which makes a number of recommendations to Improve the Robustness of the Network and the Quality of Services to Support Modal Shift to Rail. The report adopts a holistic strategic planning framework and advocates for an integrated approach that combines infrastructure, governance, and technology.

This was followed by a presentation from ProRail, which outlined its strategy for enhancing network capacity through operational measures. Developed around 15 years ago, when the Dutch network was experiencing significant operational issues, the approach is inspired by Japanese lean operational practices. It advocates simplification of approach and taking a different look at infrastructure design (signals, switches), vehicle characteristics, and operational rules which all contribute to "capacity killers" and can significantly reduce this theoretical capacity.

FRMCS (Morane 2)

D. MANDOC, UIC Head of FRMCS, presented the latest updates on the UIC's specification and testing programme for the Future Railway Mobile Communication System (FRMCS).

The meeting concluded with M. GARRI, Chief Technology Officer of Gruppo FS, introducing FS activity on Artificial Intelligence.

The next meeting of the European Management Committee will be held on 22 September 2025 in Poland (From: UIC Press Release, July, 1st 2025).

IF Biblio

Arbra BARDHI, Massimiliano BRUNER, Ivan CUFARI

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, NODALI 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.

CONDIZIONI DI ABBONAMENTO A IF - INGEGNERIA FERROVIARIA ANNO 2025

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

Prezzi IVA inclusa [€/anno]	Cartaceo	Online
- Ordinari	60,00	50,00
- Per il personale non ingegnere 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) ^(*) – (copia rivista online)		25,00
- Estero	180,00	50,00

() Gli studenti, dopo i 3 anni di iscrizione gratuita come nuovi associati, fino al compimento del 28° anno di età, possono iscriversi al CIFI quali Soci Juniores con una quota annua di € 25,00 che include l'invio online delle Riviste "IF - Ingegneria Ferroviaria" e "la Tecnica Professionale".*

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

- CCP **31569007** intestato al CIFI - Via G. Giolitti, 46 - 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** formato cartaceo compreso di spedizione; € **7,50** formato PDF. *I versamenti, anticipati, potranno essere eseguiti nelle medesime modalità previste per gli abbonamenti.*

TERMS OF SUBSCRIPTION TO IF - INGEGNERIA FERROVIARIA YEAR 2025

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

Price including VAT	Paper	Online
- Normal (Italy)	60.00	50.00
- Infrastructure and Transport Ministry staff, local railways staff, retired FSI staff	45.00	35.00
- Students (University attesting documentation required) ^(*) – (online version of IF journal)		25.00
- Foreign countries	180.00	50.00

() After 3 years of free association, students younger than 28 can enroll as CIFI Junior Associates with a yearly rate of € 25.00, which includes the online "IF - Ingegneria Ferroviaria" and "la Tecnica Professionale" subscription.*

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

- CCP **31569007** to CIFI - Via G. Giolitti, 46 - 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** shipping included; € **7,50** PDF article.

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

	IF Biblio	Dinamica, stabilità di marcia, prestazioni, sperimentazione	15
	<p>317 <i>Valutazione delle prestazioni strutturali del telaio per veicoli elettrici in carichi statici e dinamici</i></p> <p>(ZAMZAM - RAMZY - ABDELAZIZ - ELNADY - EL-WAHAB)</p> <p><i>Structural performance evaluation of electric vehicle chassis under static and dynamic loads</i></p> <p><i>Scientific Reports</i>, Open Access, Volume 15, Numero 1, Dicembre 2025, Numero Articolo 5168.</p> <p>La produzione di veicoli elettrici (EV) è fondamentale nel raggiungere la sostenibilità ambientale riducendo le emissioni di gas serra e l'inquinamento atmosferico. Poiché il peso dei veicoli elettrici influenza direttamente il consumo di energia e la gamma di guida del veicolo, gli ingegneri innovativi affrontano una sfida significativa</p>	<p>nella progettazione di un telaio di veicoli ottimizzato che rimane robusto in condizioni di carico complesse. Questo documento si concentra sull'analisi dinamica di un telaio EV soggetto a forze di sospensione transitoria a causa dei fine corsa e propone un fattore di carico tra carichi statici e dinamici [...].</p> <p><i>Electric vehicle (EV) production is pivotal in achieving environmental sustainability by reducing greenhouse gas emissions and air pollution. Since the weight of electric vehicles directly influences the energy consumption and driving range of the vehicle, innovative engineers face a significant challenge in designing an optimized vehicle chassis that remains robust under complex loading conditions. This paper focuses on the dynamic analysis of an EV chassis subjected to transient suspension forces due to hitting speed bumps and proposes a load factor between static and dynamic loads [...].</i></p>	

	IF Biblio	Manutenzione, affidabilità e gestione del materiale rotabile	16
	<p>128 <i>Analisi dell'affidabilità e costi della manutenzione correttiva per un componente di una flotta di tram</i></p> <p>(SELECH – MATIJSIUS – KILIKVICIUS – MARINKOVIC)</p> <p><i>Reliability Analysis and the Costs of Corrective Maintenance for a Component of a Fleet of Trams</i></p> <p><i>Tehnicki Vjesnik</i>, Volume 32, Numero 1, Pagine 205 – 216, 31 Dicembre 2025.</p> <p>Questo documento presenta i risultati delle indagini di analisi dell'affidabilità e i costi della manutenzione correttiva dei componenti del tram più frequentemente danneggiati e tra i più costosi da riparare. Avendo un database di tempi di guasto per singoli componenti, è facile determinare la durata media di vita fino al gua-</p>	<p>sto dell'elemento e la deviazione standard per questo tempo, il problema sorge quando si seleziona la forma appropriata di distribuzione. Una determinazione errata del tipo di distribuzione del guasto può causare un errore significativo nei risultati della valutazione dell'affidabilità e della durata del sistema [...].</p> <p><i>This paper presents the results of reliability analysis investigations and the costs of corrective maintenance of the most frequently damaged and one of the most expensive to repair tram components. Having a database of failures times for individual components, it is easy to determine the average lifetime to failure the element and the standard deviation for this time, the problem arises when selecting the appropriate form of distribution. An incorrect determination of the type of failure distribution may cause a large error in the results of the reliability and durability assessment of the system [...].</i></p>	



WWW.plastiroma.it
PLASTIROMA® Srl

59 Anni
nel settore
1966 | 2025



PLASTIROMA

Tra i nostri prodotti:

Stampi / Stampaggio di materie plastiche

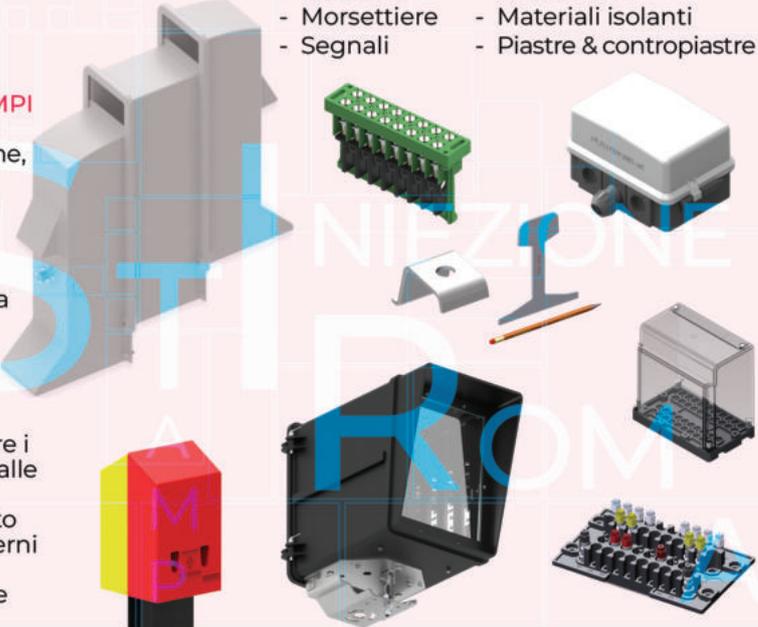
- Cassette
- Morsettiere
- Segnali
- Articoli vari
- Materiali isolanti
- Piastre & contropiastre

Tra i nostri servizi:

PROGETTAZIONE E COSTRUZIONE STAMPI
Grazie alla nostra esperienza ed agli strumenti tecnologici CAD/CAM a disposizione, siamo in grado di PROGETTARE, DISEGNARE e COSTRUIRE ogni tipo di Stampo termoplastico, trancia ed attrezzature.

REPARTO STAMPAGGIO
Il reparto TERMOPLASTICI è composto da presse ad iniezione tecnologicamente all'avanguardia, da 60 fino ad un massimo di 1300 tonnellate di forza chiusura.

LABORATORIO E STRUMENTI
La nostra società, nell'intento di migliorare i propri standard qualitativi ed in risposta alle esigenze del cliente, ha allestito presso il proprio stabilimento un laboratorio fornito di camera climatica, attrezzato con moderni macchinari per l'esecuzione di prove di vario genere su qualsiasi tipo di materiale plastico.





COLLEGIO INGEGNERI
FERROVIARI ITALIANI

IL CIFI PRESENTA UNA NUOVA PUBBLICAZIONE



COSTO DELLA PUBBLICAZIONE



Intero € 35,00

Soci CIFI € 28,00

PER INFO E PRENOTAZIONI

info@cifi.it 

+39 - 064742986 - 064882129 



COLLEGIO INGEGNERI
FERROVIARI ITALIANI

NUOVA EDIZIONE DEL CIFI
La prima vera opera completa sull'edilizia delle Ferrovie dello Stato
Massimo Gerlini, Paolo Mori, Raffaello Paiella

ARCHITETTURA FERROVIARIA
Progetti di fabbricati civili e industriali in Italia ...dall'Ottocento all'Alta Velocità

Il CIFI presenta questa nuova opera editoriale, unica nel suo genere. Questo testo, che segue a distanza di pochi anni il volume "Architettura e progetti per le stazioni italiane dall'Ottocento ...all'Alta Velocità." degli stessi autori, è ora rivolta al repertorio complessivo dell'edilizia civile e industriale delle Ferrovie dello Stato Italiane.

Oltre agli immancabili esempi di stazioni, vengono illustrati, cronologicamente (dal 1839 ai giorni nostri), complessi edilizi con diverse destinazioni d'uso, molti dei quali di interesse architettonico o funzionale e, nei casi più significativi, di "particolare interesse culturale".

Scopo della pubblicazione (edita in due volumi vista l'entità degli elementi raccolti), articolata in cinque capitoli e 30 schede di approfondimento, è catalogare e raccogliere in un'unica opera, attraverso la visuale del "progetto", cenni storici, caratteri funzionali, morfologici e tipologici nonché criteri di progettazione relativi ai periodi di realizzazione dei complessi edilizi rimandando alle pubblicazioni specialistiche esistenti per i necessari approfondimenti.

Nel primo volume, il Capitolo 1 è dedicato ai fabbricati di stazione -evoluzione e sviluppo di edifici e complessi edilizi localizzati nell'ambito delle stazioni e lungo le linee. Vengono definiti e classificati gli "Impianti ferroviari" comprese le stazioni, con considerazioni sugli aspetti tipologici e urbanistici. Vengono analizzati i "fabbricati" secondo le diverse funzioni d'uso originarie e attuali, tra cui: fabbricati viaggiatori e strutture connesse, fabbricati tecnologici e di servizio, cabine apparati.

Il Capitolo 2 è dedicato alle opere complementari e decorative nelle stazioni - elementi di arredo, design, finitura, segnaletica informativa e opere d'arte nelle stazioni. Si riportano qui anche note relative alle vicende del design in Italia tra gli anni '20 e '60.

Conclude il primo volume il Capitolo 3, dedicato ai fabbricati industriali -evoluzione e sviluppo di edifici e complessi edilizi annessi alle stazioni o ubicati in altri Impianti. Vengono esaminati scali e magazzini merci, terminali intermodali, depositi e officine per il materiale rotabile e per la manutenzione dell'Infrastruttura, fabbricati di sottostazioni elettriche ed altri fabbricati con caratteristiche tipologiche riconducibili all'edilizia industriale.

Nel secondo volume, al Capitolo 4, dedicato ai fabbricati civili - evoluzione e sviluppo di edifici e complessi edilizi con varie utilizzazioni in ambito ferroviario, vengono prese in esame le strutture edilizie di tipo civile, generalmente ubicate esternamente rispetto agli Impianti ferroviari e inserite in contesti urbani, secondo le diverse funzioni d'uso tradizionali e attuali, tra cui: sedi compartimentali e sedi centrali (edifici storici), uffici, fabbricati per il personale, strutture sanitarie, ferrotel, scuole professionali, caserme polizia ferroviaria ed altre funzioni.

Viene dato ampio spazio, come testimonianza storica, al vastissimo settore, un tempo considerato "fiore all'occhiello delle FS", costituito dall'edilizia socio - assistenziale per il personale ed i propri familiari, tra cui: case per ferrovieri, colonie, collegi e sedi per il dopolavoro.

Il Capitolo 5 è dedicato al "riuso" dei fabbricati ferroviari - esempi di trasformazione per nuovi usi di edifici e complessi edilizi civili e industriali) di alcuni complessi edilizi, non più strettamente funzionali all'esercizio ferroviario, tra cui gli Impianti utilizzati della Fondazione FS Italiane, come le sedi museali e i depositi officina per rotabili storici.



Viene riportata, a conclusione dell'opera, la bibliografia generale relativa agli argomenti trattati, per altro già citata in modo specifico, insieme alle numerose fonti di riferimento consultate, a chiusura dei singoli paragrafi.

Anche in questa occasione, come per il precedente volume, gli autori si sono posti l'obiettivo di raccontarne l'evoluzione che attraversa quasi due secoli di storia. Ne è risultata un'opera ampia e articolata (circa 900 pagine con circa 3000 illustrazioni) considerata l'eterogeneità degli argomenti trattati. Filo conduttore della ricerca è stato indagare l'aspetto progettuale, illustrandone, ove rintracciabili, le caratteristiche metodologiche e i dettagli. Particolare attenzione è stata posta dagli autori all'attività di progettazione interna alla Ferrovie, ed in particolare ad opera dell'Ufficio Architettura tra gli anni '20 e gli anni '70. Attività rivolta oltre che alla progettazione di specifici edifici, strutture connesse ed arredi, anche alla tipizzazione di alcuni di questi, in quanto funzionalmente ripetibili in diverse situazioni.

Per ciascuna di queste architetture selezionate gli autori hanno prodotto una documentazione, spesso inedita, resa possibile oltre che dalla loro specifica competenza di architetti che hanno operato a lungo nei settori tecnici e di architettura delle Ferrovie dello Stato, da un lungo e paziente lavoro di ricerca svolto anche come collaboratori nella cura e nell'organizzazione dell'Archivio Architettura che hanno contribuito a costituire all'interno della Fondazione FS Italiane.

L'augurio è che questa "ricerca" che raccoglie svariati argomenti e numerosi esempi relativi all'edilizia delle Ferrovie dello Stato difficilmente reperibili in una unica catalogazione, sia accolta con grande interesse da una estesa platea di lettori, così come è già avvenuto con il successo del precedente libro. Rivolta quindi a cultori della materia, ricercatori, studenti, professionisti, facoltà universitarie di architettura ed ingegneria, appassionati del mondo ferroviario, ma anche, come strumento base di formazione.

Cofanetto contenente 2 volumi
Formato 21x29,7 cm, 900 pagine, oltre 2700 figure in bianco e nero e a colori, 42 tabelle.
Prezzo di copertina Euro 120,00 (Sconto del 20% ai Soci CIFI).

Elenco di tutte le Pubblicazioni CIFI

1 – TESTI SPECIFICI DI CULTURA PROFESSIONALE

1.1 – Cultura Professionale - Trazione Ferroviaria

- 1.1.6 E. PRINCIPE – “Impianti di riscaldamento ad aria soffiata” (Vol. 1° e 2°) € 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
- 1.2.4 F. SCHINA “La Costruzione del Binario” € 30,00
- 1.2.5 F. NATONI “Gli scambi ferroviari” € 30,00

1.3 – Cultura Professionale - Impianti Elettrici Ferroviari

- 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 N. TILI – C. SPALVIERI – “Compendio di Trazione Elettrica Ferroviaria” € 60,00

2 – TESTI GENERALI DI FORMAZIONE ED AGGIORNAMENTO

- 2.2 L. MAYER – “Impianti ferroviari - Tecnica ed Esercizio” (Nuova edizione a cura di P.L. Guida-E. Milizia) € 50,00
- 2.5 G. BONO - C. FOCACCI - S. LANNI – “La Sovrastruttura Ferroviaria” € 50,00
- 2.7 L. FRANCESCHINI - A. GAROFALO - R. MARINI - V. RIZZO – “Elementi generali dell’esercizio ferroviario” 2a 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
- 2.25 F. BOCCHIMUZZO – “La Realizzazione dei Lavori pubblici nelle Ferrovie - volume 1 Le regole generali” € 38,00
- 2.26 ERTMS/ETCS – Pianificazione e Funzioni Base - Volume A - Fabio Senesi e Autori Vari prezzo di copertina € 32,00
- 2.33 Collana ERTMS/ETCS – Cofanetto contenente i Volumi A-B-C-D-E-F + Appendice - Fabio Senesi e Autori Vari € 224,00
- 2.34 M. MORZIELLO – “High Speed Railway System” € 34,00
- 2.35 F. SENESI e AUTORI VARI – “ERTMS/ETCS - Planning and Basic Functions” € 32,00
- 2.36 G.P. PAVIRANI “La Manutenzione della Infrastruttura” € 36,00
- 2.37 V. VALFRÈ – G. STANZANI – D. OCCHIENA “Le Protezioni da Doppi Contatti Ordinati e Separati Con Verifica Dimensionale dei Parametri di Linea” Formato Digitale PDF € 34,00
- 2.38 M. Gerlini – P. Mori – R. Paiella “Architettura Ferroviaria” € 120,00
- 2.39 C. CIPOLLINI – G. COSTA – “La Rivoluzione con il Ferro” € 40,00

3 – TESTI DI CARATTERE STORICO

- 3.1. G. PAVONE – “Riccardo Bianchi: una vita per le Ferrovie Italiane” € 15,00
- 3.3. G. PALAZZOLO (in Cd-Rom) – “Cento Anni per la Sicilia” Omaggio per residenti Regione Sicilia € 6,00
- 3.5. AUTORI VARI – La Museografia Ferroviaria e il museo di Pietrarsa € 12,00
- 3.6. Ristampa del volume a cura del CIFI “La Stazione Centrale di Milano” ed. 1931 € 100,00

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” € 40,00
- 4.9. BARI – DVD “Stato dell’arte e nuove progettualità per la rete ferroviaria pugliese” (6 giugno 2008) Omaggio per residenti Regione Puglia € 15,00
- 4.10. BARI – DVD Convegno “Il sistema integrato dei trasporti nell’area del mediterraneo” (18 giugno 2010) Omaggio per residenti Regione Puglia € 25,00
- 4.11 Una Stagione Straordinaria – Atti Convegno Milano del 20 aprile 2021 € 25,00

6 – TESTI ALTRI EDITORI

6.5.	E. PRINCIPE (ed. Veneta) – “Treni italiani con Carrozze Media Distanza”	€ 25,00	6.12.	A. BUSSI (ed. Luigi Pellegrini Editore) “Due Vite, Tante Vite (Storie di ferrovia e resistenza)”	€ 16,00
6.6.	E. PRINCIPE (ed. Veneta) – “Treni italiani con carrozze a due piani”	€ 28,00	6.61.	M. MORZIELLO “Sistema Ferroviario Italiano Alta Velocità”	€ 34,00
6.7.	E. PRINCIPE (ed. La Serenissima) – “Treni italiani Eurostar City Italia”	€ 35,00	6.64.	G. MAGENTA (ed. Gaspari) – “Un Mondo su rotaia”	€ 29,00
6.8.	E. PRINCIPE – “Treni italiani - ETR 500 Frecciarossa”	€ 25,00	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
6.9.	V. FINZI (ed. Coedit) – “I miei 50 anni in ferrovia”	€ 20,00	6.66.	P. MESSINA – “Ferrovie e Filobus nella Pubblicità” ...	€ 26,00
6.10.	E. PRINCIPE (ed. Veneta) – “Le carrozze dei nuovi treni di Trenitalia”	€ 24,00	6.67.	P. MESSINA – “Per Mare intorno all’Elba e verso il Continente – Traghetti, imbarcazioni e navi da crociera”	€ 23,00
6.11.	R. MARINI (ed. Plasser & Theurer - Plasser Italiana) . “Treni nel Mondo”	€ 30,00	6.68.	P. MESSINA – “I Trasporti all’Elba”	€ 28,00

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, 46 – 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
(Solo tramite bonifico bancario o conto corrente postale; per informazioni contattare info@cifi.it)**

Modulo per la richiesta dei volumi

I volumi possono essere acquistati on line tramite il sito www.cifi.it compilando e inviando per posta ordinaria o via e-mail il modulo allegato unitamente alla ricevuta di versamento.

Richiedente: (Cognome e Nome).....

Indirizzo: Telefono:

P. I.V.A./C.F.:..... (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

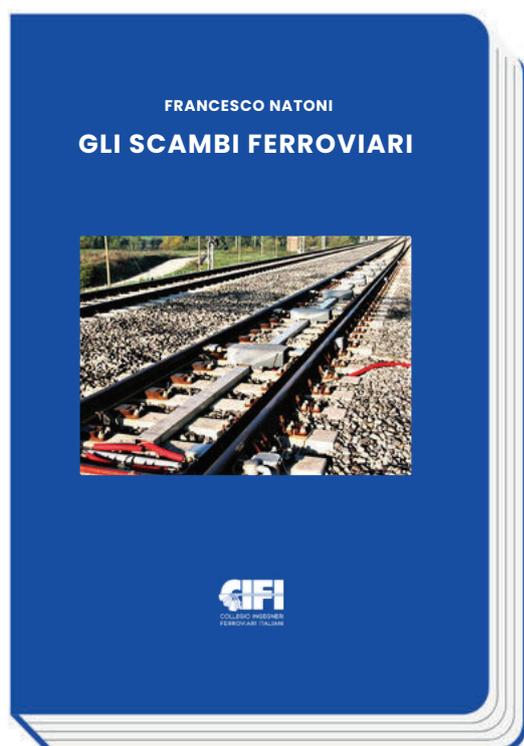
Si allega la ricevuta del versamento

Collegio Ingegneri Ferroviari Italiani (P.I. 00929941003)

Via Giolitti, 46 - 00185 Roma - Tel. 06/4882129-06/4742986 - Fs 970/66825 - Fax 06/4742987 e-mail: info@cifi.it

Francesco Natoni

GLI SCAMBI FERROVIARI



COSTO DELLA PUBBLICAZIONE



Intero € 30,00
Soci CIFI € 24,00

PER INFO E PRENOTAZIONI



+39 - 064742986 -
064882129



info@cifi.it



NUOVA EDIZIONE DEL CIFI

Francesca CIUFFINI

ORARIO FERROVIARIO **Integrazione e connettività**

L'orario è l'essenza dei trasporti di linea e pertanto anche del trasporto ferroviario, con un elemento specifico, quello del vincolo di natura infrastrutturale, che rende maggiormente complessa la sua progettazione rispetto a quella di altri sistemi.

L'orario è il prodotto che viene offerto e venduto dal sistema nel suo insieme, il catalogo commerciale dei servizi di trasporto offerti dalle imprese ferroviarie, ma anche lo strumento di organizzazione industriale, sia del trasporto che dell'infrastruttura. Ad esso sono collegati quindi aspetti sia commerciali che produttivi, connessi con l'attrattività dei servizi e con l'organizzazione industriale di operatori e gestore della rete.

Esso riveste un'importanza strategica, in quanto intorno ad esso ruotano costi e ricavi delle aziende, efficienza economica e redditività. E soprattutto la soddisfazione dei viaggiatori, che potranno decidere se servirsi o meno del treno, sicuramente in base al prezzo ma anche in base a quanto l'orario risponda alle proprie esigenze di spostamento e sia ritenuto affidabile.

Il libro ha l'obiettivo di mostrare perché l'orario è importante e a che cosa serve, come funziona, chi lo decide e come si può costruire.

Particolare rilievo è dato all'aspetto della connettività e dell'integrazione dei servizi a questa finalizzata. Un'integrazione sia interna al ferro che con le altre modalità di trasporto, per la quale l'orario svolge un ruolo importante.

Approfondito anche il tema dell'orario ciclico (o cadenzato), per gli aspetti sia di merito, che di metodo, che consentono di mettere più facilmente in luce i meccanismi di funzionamento di un sistema di orario.



Parte I

Panoramica generale sull'orario e sull'integrazione dei servizi di trasporto

1. Che cosa è l'orario
2. Perché l'orario è importante
3. Come fare l'orario
4. Il risultato della progettazione: qualità ed efficienza dell'orario
5. Il cadenzamento degli orari come innovazione
6. Chi fa l'orario e quando

Parte II

Focus: elementi di tecnica dell'orario

7. La progettazione delle tracce orarie
8. Progettazione dell'orario grafico e vincoli di infrastruttura
9. Organizzazione industriale lato trasporto
10. Analisi di capacità e stabilità dell'orario

Parte III

Sistemi di orario cadenzato: approfondimenti

11. Schematizzazione di un orario cadenzato
12. La struttura dell'orario e la simmetria
13. Variazioni di struttura: effetti su costi lato trasporto, capacità di stazione e attrattività
14. Progettazione di un orario cadenzato
15. Esempi applicativi

Formato cm 24x17, 296 pagine in quadricromia, copertina cartonata.

Prezzo di copertina € 30,00.

Per sconti, spese di spedizione e modalità d'acquisto consultare la pagina "Elenco di tutte le pubblicazioni CIFI" sempre presente nella rivista "Ingegneria Ferroviaria".

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, metallurgia, 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
- S** Servizi assicurativi

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 – www.margaritelli.com –

Progettazione e produzione di manufatti per armamento ferroviario, tranviario e per metropolitane in cemento armato, cemento armato precompresso, legno e legno impregnato – Trattamenti preservanti del legno.

MEFA ITALIA, VIA GB MORGAGNI 16/B, 20005 POGLIANO M.SE (MI), T. 02 93 54 01 95, HYPERLINK “mailto:info@mefa.it”info@mefa.it, HYPERLINK “http://www.mefa.it”www.mefa.it Vendita e dimensionamento di elementi di supporto e fissaggio di impianti, sistemi modulari di sostegno anche antisismici, collari per tubazioni, giunti, raccordi, stazioni di allarme per impianti antincendio.

D **Meccanica, metallurgia,
macchinari, materiali,
impianti elettrici ed elettronici**

ARTHUR FLURY S.r.l. – Via Settimio Raimondi, 7G – 44034 COPPARO (FE) – Tel. +39/3471759819 – E-mail: info@afluryitalia.it – Produzione materiali per linee aeree ferroviarie, tranviarie e metropolitane (trazione elettrica). Isolatori di sezioni per tutte le velocità (da 30 a 250 Km/h) e tensioni elettriche in corrente continua e alternata. Morsetteria in CuNiSi ad alta resistenza meccanica per tutti i tipi di filo di contatto, terminali, morse di amarro e giunti a innesto rapido per fune portante. Pendini tradizionali e regolabili in altezza, pendini elastici – smorzatori per usi su alta velocità e linee tradizionali. Dispositivi di messa a terra e corto circuito. Soluzioni personalizzate e speciali su misura.

BONOMI EUGENIO S.p.A. – 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 tranviarie – 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).

BOSCH SECURITY SYSTEMS S.p.A. – Via M.A. Colonna, 35 – 20149 MILANO (MI) – Tel. 02/36961 – E-mail: it.securitysystems@bosch.com – Prodotti e soluzioni in ambito Security, Safety e Communication per applicazioni di: videosorveglianza e artificial intelligence, rilevazione intrusione, rivelazione incendio, audio evacuazione e controllo degli accessi. Tecnologie innovative per la protezio-

ne dei beni e delle persone, e per l'efficiamento dei processi e dei servizi.

CANAVERA & AUDI S.p.A. – Regione Malone, 6 – 10070 CORIO (TO) – Tel. 011/928628 – Fax 011/9282709 – E-mail: canavera@canavera.com – www.canavera.com – Stampaggio a caldo particolari in acciaio fino a 200 kg – Lavorazioni meccaniche – Costruzione componenti per carri, carrozze, tram e metropolitane.

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 tranciacuni 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 deviatoio e accessori, tiranterie, zatteroni, traverse cave, fermascambi, immobilizzatori, dispositivi di bloccaggio, apparecchiature per segnalamento e sicurezza, passaggi a livello, materiali per rotabili.

G.C.F.E. S.p.A. – Via F. Fellini, 4 – 20097 SAN DONATO MILANESE (MI) – Tel. 02/89536.100 – Fax 02/89536536 – www.colasrail.com – Impianti fissi di trazione elettrica chiavi in mano per trasporti ferroviari, metropolitane e tranvie – 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.

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.

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 tranviarie – 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).

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.

FAIVELEY TRANSPORT ITALIA S.p.A. – Via Volvera, 51 – 10045 PIOSSASCO (TO) – Tel. 011/9044.1 – Fax 011/9064394 – 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 tranviari – 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 – Pantografi – 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 – 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.

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.

GECO S.r.l. – Via Ugo Foscolo, 9 – 28066 GALLIATE (NO)
– CF e P. Iva: IT01918320035 – Tel. 0321/806957 – E-mail: info@gecoitalia.biz – Progettazione, integrazione, prodotti, servizi ingegneristici e sviluppo software per applicazioni di informazione al pubblico, sincronizzazione oraria, videosorveglianza, diffusione audio, rilevazione incendio, sicurezza, antintrusione avvalendosi di tecnologie innovative e partner altamente qualificati in ambito ferroviario.

GEOSEC S.r.l. – Via Mercalli 2/a, 43126 Parma – Tel. 0521/339323 - E-mail: commerciale@geosec.it - http://www.geosec.it - GEOSEC S.r.l. è specializzata nel consolidamento dei rilevati ferroviari attraverso iniezioni mirate di polimeri ad espansione controllata, con monitoraggio degli effetti tramite tomografia della resistività elettrica (ERT 3D), anche in configurazione wireless e senza interruzione del traffico ferroviario. Offriamo inoltre: Interventi di iniezione per la riduzione e il blocco delle infiltrazioni d'acqua nelle gallerie. Posa di pali presso-infissi per barriere antirumore. Iniezioni di polimeri espandenti per la mitigazione del rischio di liquefazione del terreno.

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 – 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.

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: rollinstock@lucchini.it – www.lucchini.it – Materiale rotabile per trasporti ferroviari urbani, suburbani e metropolitani; ruote cerchiato; 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.

M. PAVANI SEGNALAMENTO FERROVIARIO S.r.l. – Via Per Mirandola, 24 - 41033 Concordia sulla Secchia (MO) – Tel. 0386 565128 - E-mail: admin@mpavani.com -

www.mpavani.com - Progettazione, installazione e messa in opera di impianti elettrici, di telecomunicazione e di segnalamento - Fornitura e installazione di Kit cavi RED, ADP e QDS - Installazione e messa in servizio di impianti di videosorveglianza e antintrusione - Realizzazione di impianti per la copertura radio, rilevamento e spegnimento incendi, diffusione sonora - Progettazione, produzione, fornitura e installazione di apparecchi illuminanti.

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 – 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.

MICROELETTRICA SCIENTIFICA S.p.A. – Via Lucania, 2 – 20090 BUCCINASCO (MI) – Tel. +39/02/575731 – E-mail: info.MIL@microelettrica.com – www.microelettrica.com – Applicazioni Bordo Veicolo ed Industriali di: – Contattori e Sezionatori fino a 4.000V ca/cc – Interruttori Extrarapidi in fino a 4.000V e 10.000A in cc – Relè di protezione ca/cc – Trasduttori e Sistema di Misura – Resistenze di frenatura, MAT del neutro, filtri e banchi di carico – Metering, Sistemi di misura in Tensione e Corrente, Misura dell'Energia a bordo veicolo secondo norma EN50463 – Unità Funzionali e Box integrati – Ventilatori Assiali e Ventilatori Centrifughi.

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.

MOSDORFER RAIL S.r.l. – Sede operativa: Via Achille Grandi, 46 – 20017 RHO (MI) – Tel. +39 02/64088142 – E-mail: inforail.it@mosdorfer.com – Sviluppo e produzione di componenti T.E. per la linea di contatto ferroviaria

e tramviaria: TENSOREX C+, sospensioni in alluminio ed acciaio, isolatori compositi, dispositivi di messa a terra, morsetti in CuNiSi, in bronzo/alluminio ed acciaio forgiato. MOSDORFER RAIL S.r.l. fa parte della Multinazionale austriaca KNILL GROUP, leader mondiale nella progettazione, produzione e fornitura di morsetteria per linee di trasmissione ad alta tensione.

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.

PANDROL S.r.l. – Via De Capitani, 14/16 – 20864 AGRATE BRIANZA (MB) – Tel. +39/039/9080007/ +39/039/9153752 – E-mail: info.it@pandrol.com – www.pandrol.com – Sistemi di attacco ferroviari per traverse in calcestruzzo armato e precompresso.

PISANI S.r.l. – Via Vilfredo Pareto, 20 – 27058 VOGHERA (PV) – Tel. +39/347/4318990 – 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.

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 metrotranvie e tranvie – Radiocomando scambi, casse di manovra carrabili, sistemi di controllo semaforico – Priorità mezzi pubblici – Sistemi di controllo e gestione traffico stradale.

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.

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 – www.schaeffler.it – Cuscinetti volenti a marchio FAG e INA, standard e speciali, boccole ferroviarie, snodi sferici, attrezzature di montaggio e smontaggio, diagnostica.

S.I.D.O.N.I.O. S.p.A. – Via IV Novembre, 51 – 27023 CASOLNOVO (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 – E-mail: info@sirtelsrl.it – www.sirtelsrl.it – Lanterne portatili ricaricabili ad uso ferrotranviario con luce principale LED e segnalazione posteriore con corone LED ad elevata luminosità (fino a 3 diversi colori sulla stessa lanterna).

SITE S.p.A. – Divisione Trasporti – Via della Chimica, 3 – 40064 OZZANO DELL'EMILIA (BO) – Tel. 051/794820 – E-mail: site@sitespa.it – www.sitespa.it/railways – IMPIANTI DI SEGNALAMENTO FERROVIARIO: Progettazione e realizzazione di impianti di segnalamento per la sicurezza ferroviaria – Progettazione, fornitura, installazione, integrazione e messa in servizio di sistemi di segnalamento come il Blocco Automatico a Correnti Codificate, Sistemi di Controllo Marcia del Treno, Apparat Centrali Elettrici a Itinerari, etc. – Manutenzione, formazione e assistenza tecnica – RETI & SISTEMI DI TELECOMUNICAZIONI: Progettazione e realizzazione di reti Wireline e Wireless, di reti GSM-R e di sistemi SDH – Progettazione, fornitura, installazione, integrazione e messa in servizio di sistemi di: Informazione al Pubblico, Videosorveglianza, Supervisione per la sicurezza e la manutenzione, telefonia selettiva, Bigliettazione, etc. – Manutenzione, Formazione e assistenza tecnica – MESSA IN SICUREZZA

GALLERIE: Progettazione layout impianti di Messa in Sicurezza delle Gallerie – Realizzazione di impianti per la copertura radio, il rilevamento e spegnimento incendi, la telefonia d'emergenza, diffusione sonora d'emergenza, illuminazione d'emergenza, etc.

SPII S.p.A. – Via Don Volpi, 37 angolo Via Montoli – 21047

SARONNO (VA) – Tel. 02/9622921 – Fax 02/9609611 – www.spii.it – info@spii.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.

SUPERUTENSILI S.r.l. – Via A. Del Pollaiuolo, 14 – 50142

FIRENZE – Tel. 055/717457 – Fax 055/7130576 – Forniture ferrotranviarie: filtri e pannelli filtranti, utensili, macchinari, strumenti di misurazione, rimozione graffiti, certificazioni CE e rimessa a norma macchinari, grassi e lubrificanti.

TECNEL SYSTEM S.p.A. – Via Brunico, 15 – 20126 MI-

LANO – Tel. 02/2578803 r.a. – Fax 02/27001038 – E-mail: tecnel@tecnelsystem.it – www.tecnelsystem.it – Pulsanti – Interruttori – Selettori – Segnalatori serie SWT04 per banchi manovra – Segnalatori a LED serie SI 30 – Pulsanti apertura/chiusura porte serie 56 e 57 – Pulsanti mancorrente richiesta fermata serie SWT84 – Pulsanti ed interruttori antivandalo - Sistemi di comando e protezione porte – Avvisatori ottici ed acustici – Sirene – Temporizzatori – Sensori movimento/presenza apertura porte – Pressacavi AGRO in materiale sintetico, ottone nichelato, acciaio inox – Guaina aperta autoavvolgente AGROsnap.

TEKFER S.r.l. – Via Gorizia, 43 – 10092 BEINASCO (TO) –

Tel. 011/0712426 – Fax 011/0620580 – E-mail: segreteria@tekfer.com – 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.

TESMEC RAIL – C/Da Bajone z.i. snc – Via Fogazzaro,

51 – 70053 MONOPOLI (BA) – Tel. 080/9374002 – Fax 080/4176639 – E-mail: info@tesmec.com – www.tesmec.com – Progettazione, costruzione e commercializzazione di mezzi d'opera ferroviari per l'elettrificazione e la ma-

nutenzione della catenaria: autoscale multifunzione ad assi e carrelli, scale motorizzate e unità di stendimento. Veicoli e sistemi per la diagnostica dell'armamento e della catenaria; sistemi diagnostici per il rilievo di difetti nelle gallerie ferroviarie e per la valutazione degli apparecchi di binario.

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. 030/9686261 – Fax 030/9686700 – E-mail: vaiacar@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 tranviari 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 rinalzata del binario e di compattamento della massicciata.

VOESTALPINE RAILWAY SYSTEMS GMBH – Sales Of-

office Italia – Via Alessandria, 91 – 00198 ROMA – Tel. 06/84241106 – Fax 06/96037869 – E-mail: Railwaysystems-Italia@voestalpine.com – www.voestalpine.com/railway-systems – Scambi ferroviari A.V., apparecchi di binario convenzionali e tranviari, cuscinetti autolubrificanti, piastre per controrotaia, casse di manovra ferroviarie e tranviarie – Sistemi diagnostici e monitoraggio per scambi e materiale rotabile – Rotaie Vignole, a gola, consulenza saldature, analisi LCC e service (rilievi usura e difettosità, fresatura profili in loco).

E

Impianti di aspirazione e di depurazione aria

F

Prodotti chimici ed affini

G Articolari di gomma, plastica e vari

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 – 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.

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 ferrotranviario – Completa gamma di guarnizioni per tenuta fluidi – Certificata ISO 9001:2015 e EN 9120:2018 – Fornitore Trenitalia.

PLASTIROMA S.R.L. – VIA PALOMBARESE, km 19,100 – 00012 GUIDONIA MONTECELIO (ROMA) – Tel. 0774/367431-32 – Fax 0774/367433 – E-mail: info@plastiroma.it – 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.

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. 347/6766033 – 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.

PRISMA ENGINEERING S.r.l. – Via Villa Lidia, 45 – 16014 CERANESI (GE) – Tel./Fax 010/7172078 – E-mail: nadia.barbagelata@prismaengineering.net – www.prismaengineering.net – Impianti di segnalamento ferroviario – Realizzazione Progetti di Fattibilità, Definitivi, Esecutivi e Costruttivi di impianti IS (ACEI-ACC-ACCM-SCMT-ERT-MS_L2) – Realizzazioni di Verifiche e Validazioni dei progetti comprese prove di campo.

I Trattamenti e depurazione delle acque

L Articolari e dispositivi per la sicurezza sul lavoro

SCHWEIZER ELECTRONIC S.r.l. (SEIT) – Sede Centrale: Via Santa Croce, 1 – 20122 MILANO – Tel. +39/02/89426332 – Fax +39/02/83242507 – E-mail: franco.

pedrinazzi@schweizer-electronic.com – 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

O Formazione

D&T srl – Largo Promessi Sposi - 20142 Milano – Tel. 3486979791 - E-mail: dt.marketing@datatech.net - http://www.datatech.com/ - Shrail è una divisione di D&T, azienda che crea sofisticati simulatori per mezzi di trasporto (treni, tram, metro, filobus) e di apparati centrali. Fornisce anche simulazioni di folle e un simulatore 3D per supportare la formazione sulla manutenzione ferroviaria.

P Enti di certificazione

ITALCERTIFER S.p.A. – Piazza della Stazione, 45 – 50123 FIRENZE – Tel. 055/2988811 – Fax 055/264279 – www.italcertifer.it – Organismo notificato n. 1960 (Direttiva 2008/57/CE) – Verificatore indipendente di sicurezza (li-

nee 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.

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 – 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.ferrentinoconsulship.com – Consulenza e organizzazione trasporti, imbarchi, sbarchi per materiale ferroviario – Assistenza e consulenza per imballo, protezione e movimentazione pezzi eccezionali.

S Servizi assicurativi

ASSIFIDI SPA – Piazza del Sole 81 – 00144 Roma – tel.06.87652053 – E-mail: info@assifidi.it - http://www.assifidi.it - Broker di Assicurazioni specializzato nel settore degli appalti, delle costruzioni e professioni tecniche. Assistenza nella partecipazione a gare d'appalto, affidamenti cauzioni, analisi dei bandi di gara, per quanto attiene aspetti fideiussori ed assicurativi, collocamento delle garanzie e coperture previste in caso di aggiudicazione. Responsabilità Civile Professionale, RC Progettista “ex Merloni”, Responsabilità Civile verso Terzi e Dipendenti, All Risks studio professionale, Tutela Legale, Cyber Risk, Piani Sanitari.

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 di settembre 2025



Plasser **InfraSpector Truck**

Plasser & Theurer amplia la sua gamma di veicoli di misura con l'**InfraSpector Truck**, un innovativo veicolo strada-rotaia, sviluppato appositamente per l'uso sulle reti ferroviarie urbane e regionali in tutta Europa.

Con l'**InfraSpector Truck** è possibile rilevare con precisione l'infrastruttura ferroviaria, combinando la flessibilità di un veicolo strada-rotaia con le più avanzate tecnologie di misura.



MACHINE

PER SVILUPPARE LA CULTURA DEI TRASPORTI SCEGLI I CORSI SU



<https://www.ferrovie.academy/corsi/>
<https://www.cifi.it/cifi-servizi/acquisto-corsi/>

CIFI Servizi



FORMAZIONE TECNICO AMMINISTRATIVA

- Codice appalti, gestione progetti e lavori di ferrovie
- Codice appalti 2023 gestione progetti e lavori ferrovie, strade e aeroporti
- Esperto tecnico gare d'appalto di ferrovie
- Gare d'appalto e criteri di aggiudicazione
- Direzione lavori negli appalti di ferrovie
- Subappalto ferroviario
- Computo metrico ferroviario e contabilità Lavori
- Modifiche e varianti, appalti di ferrovie e impianti fissi
- Riserve dell'appaltatore
- CCT Collegio Consultivo Tecnico
- Esperto collaudo tecnico amministrativo di ferrovie, strade e impianti fissi

FORMAZIONE SPECIALISTICA

- Fondamenti di tecnica ferroviaria
- Organizzazione, tecnica e sicurezza delle ferrovie
- Esperto in valutazione del rischio e verifica CE dei sottosistemi ferroviari
- Sicurezza nei cantieri temporanei o mobili di ferrovie
- Esperto sicurezza elettrica in ambito ferroviario
- IS-0 Installatori di impianti di sicurezza e segnalamento di tipo elettromeccanico
- IS-1 Progettisti, verificatori, validatori di impianti di sicurezza e segnalamento
- Progettista funzionale ERTMS
- Esperto ERTMS
- ACC-ACCM-ERTMS: come applicare le norme CENELEC
- Esperto telecomunicazioni ferroviarie
- Installatore TLC telecomunicazioni ferroviarie
- Esperto in trazione elettrica linea di contatto
- Tracciati e armamento ferroviario e impianti fissi: progettazione, costruzione e manutenzione
- Esperto Diagnostica del Binario
- Progettista tracciati ferroviari e stradali
- Ponti, viadotti e gallerie ferroviarie e stradali
- Esperto ponti e viadotti: progetto e costruzione
- Ingegnere del veicolo ferroviario

SCARICA IL
PROGRAMMA
COMPLETO
DEI CORSI



cifiservizi@cifi.it
segreteria.cifiservizi@cifi.it



06 4742987