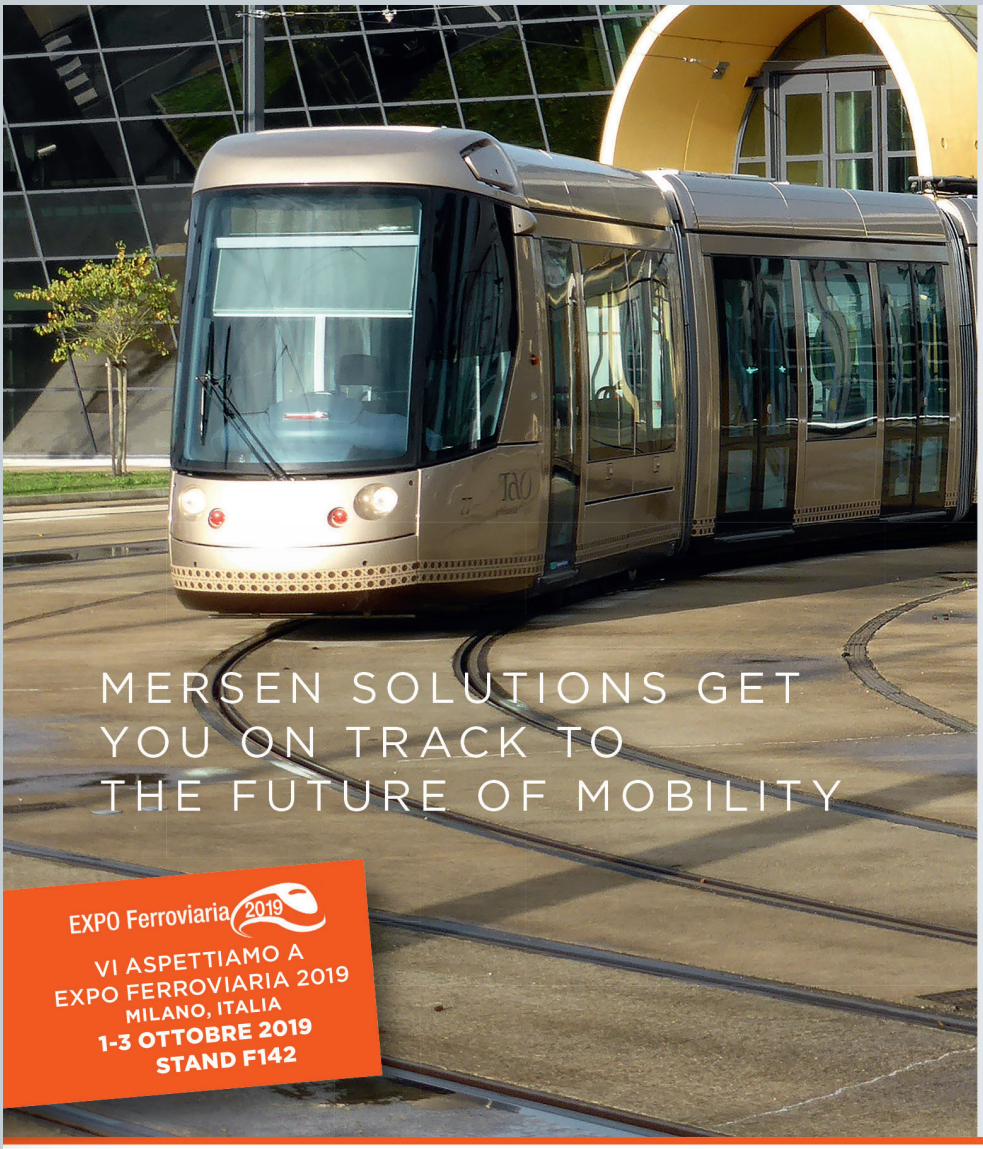
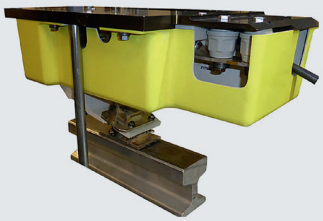
IF Ingegneria Ferroviaria

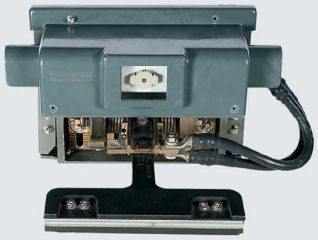
Collegio Ingegneri Ferroviari Italiani | Anno LXXIV | n. 7-8 | Luglio-Agosto 2019

ISSN: 0020 - 0956

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







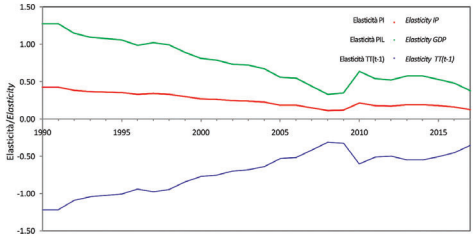
CAPTAZIONE DI CORRENTE

- La gamma più completa sul mercato
- Tensione 750V dc e 1.500V dc
- Design compatto Fusebox inclusa
- Braccio retrattile manuale e pneumatico
- Pattino strisciante di 3A rotaia
- Captazione statica per ricarica rapida

EP.MERSEN.COM

MERSEN
Expertise, our source of energy

In questo numero
In this issue



Previsione della domanda delle merci e dello split modale al Brennero
Forecasting of freight demand and modal split at the Brenner

Vibrazioni superficiali indotte dalla metropolitana
Surface vibrations induced by metro trains

TecnelSystem S.p.A.®

equipaggiamenti elettrici industriali

Tecnel System S.p.A., *presente nel settore dei trasporti da oltre 50 anni, offre una vasta gamma di prodotti e soluzioni personalizzate, che garantiscono assoluta affidabilità.*

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

Bordi sensibili serie DW, ELSE

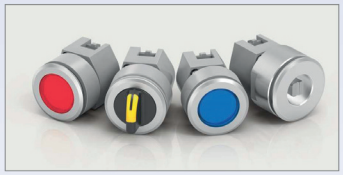
Interruttori serie DW e D3-PB

Pressacavi EN 45545

Pulsanti "Self" apertura porte serie 56

Comando porte

Serie 57



Pulsanti luminosi dia 16, 22.5 e 30.5 mm

Lampade e LED

Saremo presenti a Expoferroviaria 2019
Milano, 1-3 ottobre 2019
Pad. 1 - Stand D136

EXPO Ferroviaria

Tecnel System S.p.A

Via Brunico, 15 - 20126 Milano
Tel. 02 2578803 (ric. aut) Fax. 02 27001038

sales@tecnelsystem.it
www.tecnelsystem.it

UNI EN ISO9001:2015
Nr. 9101.TNLS

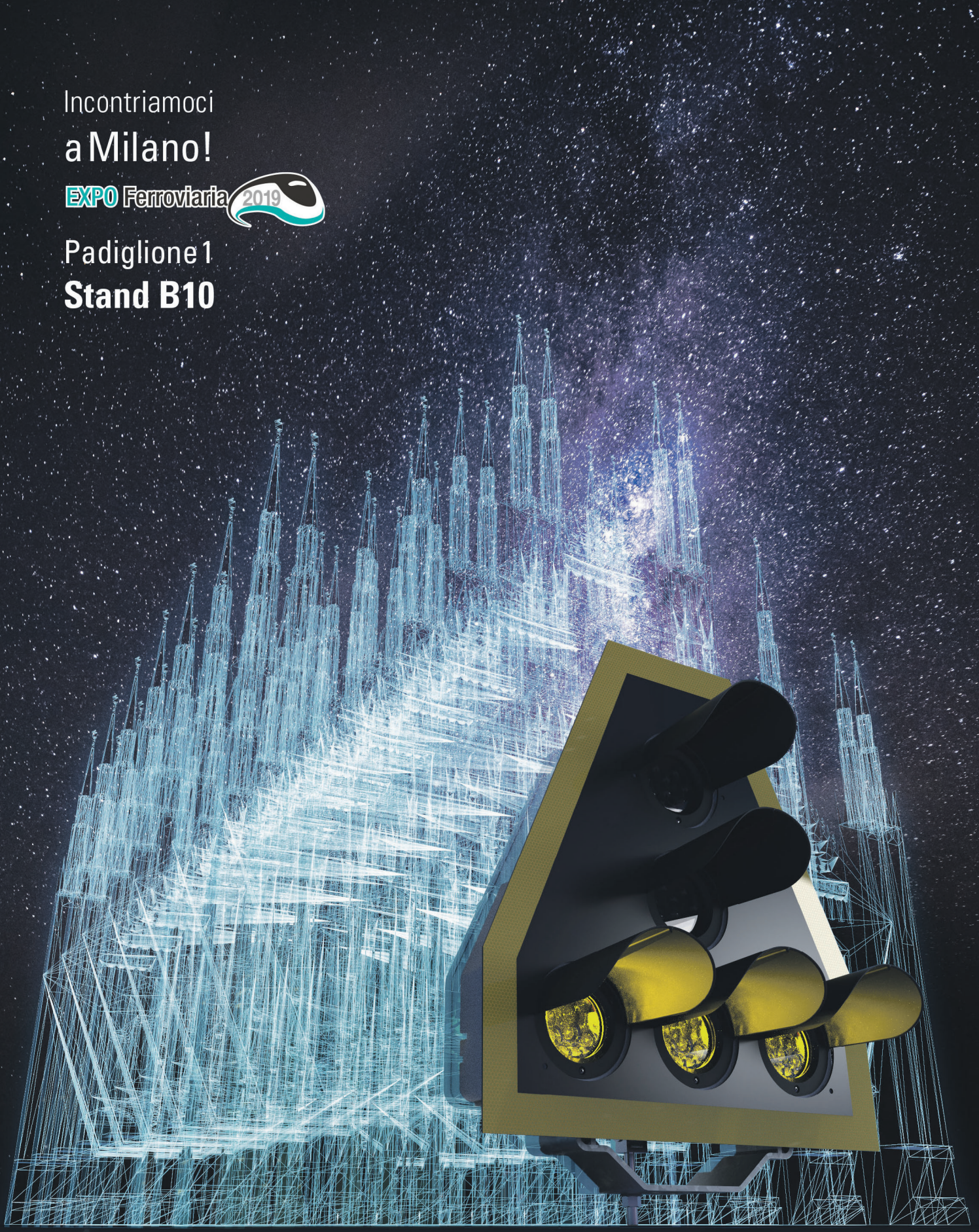
Incontriamoci

a Milano!

EXPO Ferroviaria 2019

Padiglione 1

Stand B10



PLT-LED

Segnale Passaggio a Livello Lato Treno

Part of the Signal Division of
Progress Rail, A Caterpillar Company

I SOCI COLLETTIVI DEL COLLEGIO INGEGNERI FERROVIARI ITALIANI

ALSTOM FERROVIARIA S.p.A – SAVIGLIANO (CN)
ANIAF – ASSOCIAZIONE NAZIONALE IMPRESE ARMAMENTO FERROVIARIO – ROMA
A.N.M. S.p.A. – AZIENDA NAPOLETANA MOBILITÀ – NAPOLI
ANSF – AGENZIA NAZIONALE PER LA SICUREZZA DELLE FERROVIE – FIRENZE
ARMAFER S.r.l. – LECCE
ARST S.p.A. – CAGLIARI
ASS.TRA – ASSOCIAZIONE TRASPORTI – ROMA
ASSIFER – ASSOCIAZIONE INDUSTRIE FERROVIARIE – MILANO
ATM S.p.A. – MILANO
AUTORITÀ DI SISTEMA PORTUALE DEL MARE ADRIATICO ORIENTALE – TRIESTE
B.& C. PROJECT S.r.l. – SAN DONATO MILANESE (MI)
BOMBARDIER TRANSPORTATION ITALY S.p.A. – VADO LIGURE (SV)
BONOMI EUGENIO S.p.A. – MONTICHIARI (BS)
BUREAU VERITAS ITALIA S.p.A. – MILANO
C.L.F. – COSTRUZIONI LINEE FERROVIARIE S.p.A. – BOLOGNA
CARLO GAVAZZI AUTOMATION S.p.A. – LAINATE (MI)
CARROZZERIA NUOVA S. LEONARDO S.r.l. – SALERNO
CEIT IMPIANTI S.r.l. – S. GIOVANNI TEATINO (CH)
CEMBRE S.p.A. – BRESCIA
CEPRINI COSTRUZIONI S.r.l. – ORVIETO (TR)
COET S.r.l. – COSTRUZIONI ELETTROMECCANICHE – S. DONATO M. (MI)
COLAS RAIL ITALIA S.p.A. – MILANO
COMESVIL S.p.A. – VILLARICCA (NA)
COMMEL S.r.l. – ROMA
CONSORZIO SATURNO – ROMA
CONSORZIO TRIVENETO ROCCIATORI Scar.l. – FONZASO (BL)
CONSULTSISTEM S.r.l. – ROMA
COSTRUIRE ENERGIE S.r.l. – GUIDONIA MONTECELIO (RM)
CZ LOKO ITALIA S.r.l. – PORTO MANTOVANO (MN)
D'ADIUTORIO APPALTI E COSTRUZIONI S.r.l. UNIPERSONALE – MONTORIO AL VOMANO (TE)
D.G.L. S.a.s. di LUGINI GIUSEPPE & C. - GUIDONIA MONTECELIO (RM)
DIGICORP INGEGNERIA S.r.l. – UDINE
DUCATI ENERGIA S.p.A. – BOLOGNA
DYNASTES S.r.l. – ROMA
ECM S.p.A. – SERRAVALLE PISTOIESE (PT)
ENTE AUTONOMO VOLTURNO S.r.l. – NAPOLI
EREDI GIUSEPPE MERCURI S.p.A. – NAPOLI
ESERCIZIO RACCORDI FERROVIARI DI PORTO MARGHERA S.p.A. – MARGHERA (VE)
ESIM S.r.l. – BARI
ETS S.r.l. – SOCIETÀ DI INGEGNERIA – LATINA
FADEP S.r.l. – NAPOLI
FAIVELEY TRANSPORT ITALIA S.p.A. – PIOSSASCO (TO)
FASE S.a.s. DI EUGENIO DI GENNARO & C. – SENAGO (MI)
FER S.r.l. – FERROVIE EMILIA ROMAGNA – FERRARA
FERONE PIETRO & C. S.r.l. – NAPOLI
FERROTRAMVIARIA S.p.A. – BARI
FERROVIE APPULO LUCANE S.r.l. – BARI
FERROVIE DELLO STATO S.p.A. – FIRENZE
FERROVIE NORD MILANO S.p.A. – MILANO
FONDAZIONE DI PARTECIPAZIONE I.T.S. – M.S.T.F. – MADDALONI (CE)
FONDAZIONE FS ITALIANE – ROMA
FOR.FER S.r.l. – ROMA
G.C.F. – GENERALE COSTRUZIONI FERROVIARIE S.p.A. – ROMA
GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO BBT SE – BOLZANO
GENERAL IMPIANTI DEL GRUPPO LOCCIONI S.r.l. – MAIOLATI SPONTINI (AN)
GRANDI STAZIONI RAIL S.p.A. – ROMA
GRUPPO PSC S.p.A. - ROMA
HARPACEAS S.r.l. – MILANO
H.T.C. S.r.l. – LEINI (TO)
HITACHI RAIL S.p.A. – NAPOLI
HUPAC S.p.A. – BUSTO ARSIZIO (VA)
KAM COSTRUZIONI S.r.l. – CASORIA (NA)
I.Ce.P S.p.A. – BUCCINO (SA)
IMPRESA SILVIO PIERBON S.r.l. – BELLUNO
INTECS S.p.A. – ROMA
ISTITUTO ITALIANO PER IL CALCESTRUZZO Sr.l. – RENATE (MB)
ITALCERTIFER S.p.A. – ROMA
ITALFERR S.p.A. – ROMA
IVECOS S.p.A. – VITTORIO VENETO (TV)
JAMPEL S.r.l. – BOLOGNA
KNORR-BREMSE RAIL SYSTEMS ITALIA S.r.l. – CAMPI BISENZIO (FI)
KRAIBURG STRAIL GMBH & CO. KG – TITTMONING (Germania)
LA FERROVIARIA ITALIANA S.p.A. – AREZZO
LEF S.r.l. – SESTO FIORENTINO (FI)
LEICA GEOSYSTEMS S.p.A. – CORNAGLIANO LAUDENSE (LO)
LOTRAS S.r.l. – FOGGIA
LTE IMPIANTI S.r.l. – AVEZZANO (AQ)
LUCCHINI RS S.p.A. – LOVERE (BG)
MARGARITELLI FERROVIARIA S.p.A. – PONTE SAN GIOVANNI (PG)
MA.FER S.r.l. – BOLOGNA
MARINI IMPIANTI INDUSTRIALI S.p.A. – CISTERNA DI LATINA (LT)
MATISA S.p.A. – S. PALOMBA (RM)
MESAR S.r.l. – GUIDONIA MONTECELIO (RM)
METRO BLU S.c.r.l. – MILANO
METRO 5 S.p.A. – MILANO
MER.MEC S.p.A. – MONOPOLI (BA)
MM – METROPOLITANA MILANESE – MILANO
MICOS S.p.A. – BORGO PIAVE (LT)
MICROELETTRICA SCIENTIFICA S.p.A. – MILANO
MONT-ELE S.r.l. – GIUSSANO (MI)
MOVISTRADE COGEFI S.r.l. – ALGHERO (SS)
NET ENGINEERING S.p.A. – MONSELICE (PD)
NICCHERI TITO S.r.l. – AREZZO
PFISTERER S.r.l. – PASSIRANA DI RHO (MI)
PLASSER ITALIANA S.r.l. – VELLETRI (RM)
PRATI ARMATI S.r.l. – MILANO
PROGETTO BR S.r.l. – COSTA DI MEZZATE (BG)
PROJECT AUTOMATION S.p.A. – MONZA (MI)
QSD SISTEMI S.r.l. – PESSANO CON BORNAGO (MI)
R.F.I. S.p.A. – RETE FERROVIARIA ITALIANA – ROMA
REGIONE LOMBARDIA – DG INFRASTRUTTURE E MOBILITÀ – MILANO
SADEL S.p.A. – CASTEL MAGGIORE (BO)
SALCEF S.p.A. – COSTRUZIONI EDILI E FERROVIARIE S.p.A. – ROMA
S.I.C.E. DI ROCCHI ROBERTO & C. – CHIUSI (PI)
SCALA VIRGILIO & FIGLI S.p.A. – MONTEVARCHI (AR)
SCHWEIZER ELECTRONIC S.r.l. – MILANO
SICURFERR S.r.l. – CASORIA (NA)
SILSUD S.r.l. – FERENTINO (FR)
SIMPRO S.p.A. – BRANDIZZO (TO)
SINTAGMA S.r.l. – PERUGIA
SIRTI S.p.A. – MILANO
SISTEMI TERRITORIALI S.p.A. – PIEVE DI SACCO (PD)
SO.CO.FER. S.r.l. – GALLESE (VT)
SPII S.p.A. – SARONNO (VA)
SPITEK S.r.l. – PRATO
SPEKTRA S.r.l. – VIMERCATE (MB)
STA – STRUTTURE TRASPORTO ALTO ADIGE S.p.A. – BOLZANO
SVECO S.p.A. – BORGO PIAVE (LT)
SYSNET TELEMATICA S.r.l. – MILANO
T.M.C. S.r.l. – TRANSPORTATION MANAGEMENT CONSULTANT – POMPEI (NA)
TE.SI.FER. S.r.l. – FIRENZE
TECNOLOGIE MECCANICHE S.r.l. – ARICCIA (RM)
TEKFER S.r.l. – ORBASSANO (TO)
TELEFIN S.p.A. – VERONA
TESMEC SERVICE S.p.A. – MONOPOLI (BA)
THALES ITALIA S.p.A. – SESTO FIORENTINO (FI)
THERMIT ITALIANA S.r.l. – RHO (MI)
TRASPORTO PASSEGGERI EMILIA ROMAGNA – TPER – BOLOGNA
TRENITALIA S.p.A. – ROMA
TRENORD S.r.l. – MILANO
TRENTINO TRASPORTI S.p.A. – TRENTO
VOITH TURBO S.r.l. – REGGIO EMILIA
VOSSLOH SISTEMI S.r.l. – SARSINA (FO)
VTG RAIL EUROPE GMBH – MILANO
WEGH GROUP S.p.A. – FORNOVO DI TARO (PR)

INDICE ALFABETICO DEGLI ANNUNZI PUBBLICITARI

CLF – Costruzioni Linee Ferroviarie S.p.A. – Bologna	IV copertina
COLAS RAIL ITALIA S.p.A. – Milano	pagina 552
ECM S.p.A. di Cappellini – Serravalle Pistoiese (PT)	pagina 549
KRAIBURG STRAIL GmbH & Co. – Tittmoning	pagina 551
MACK BROOKS – Expo Ferroviaria 1-3 ottobre 2019 – Rho Fiera (MI)	pagina 590
MERSEN ITALIA S.p.A. – Milano	I copertina
PLASSER Italiana S.r.l. – Velletri (RM)	III copertina
TECNEL SYSTEM S.p.A. – Milano	II copertina

STRAILWAY

L'alternativa ecologica – La qualità che convince.

STRAILWAY

- Provato e testato – omologazione EBA / test idoneità operativa di Deutsche Bahn **> OK**
- Durata delle traverse di almeno 50 anni
- Maneggevolezza e lavorabilità in cantiere equiparabile alle traverse in legno *(foratura, taglio, ecc)*
- Nessun rischio per la salute nelle lavorazioni
- Eccellente resistenza chimica e ambientale

KRAIBURG STRAIL® GmbH & Co. KG // D-84529 Tittmoning | Göllstr. 8 | www.strail.com
STRAIL® in Italy // Tommaso Savi | mobile +39 392 9 50 38 94 | tommaso.savi@strail.it

innovazione

SUI SUCCESSI DI IERI COSTRUIAMO L'INNOVAZIONE DI DOMANI

DA QUASI 100 ANNI FORNIAMO **SOLUZIONI TECNOLOGICHE** E PERSONALE SPECIALIZZATO PER PROGETTARE, MANUTENERE E REALIZZARE **SISTEMI CHIAVI IN MANO PER IL TRASPORTO FERROVIARIO**, AD ALTA VELOCITÀ, URBANO, TRANVIARIO E METROPOLITANO.

AI NOSTRI CLIENTI OFFRIAMO **APPROCCI OPERATIVI** ALL'AVANGUARDIA E FLESSIBILI, VALUTANDONE INSIEME L'IMPLEMENTAZIONE A **VANTAGGIO DELL'UTENTE FINALE** E A **SALVAGUARDIA DELL'AMBIENTE E DELLA SICUREZZA**.
UNA LUNGA **TRADIZIONE PROIETTATA NEL FUTURO**.

RHO FIERA MILANO
1 - 3 OTTOBRE 2019
STAND: 1 B28

EXPO Ferroviaria 2019

COLAS RAIL

ITALIA

REALIZZIAMO SOLUZIONI PER UNA MOBILITÀ SOSTENIBILE

COLAS RAIL ITALIA S.P.A. VIA LAMPEDUSA 13 20141 MILANO +39 02 89536.1 INFO.ITALIA@COLASRAIL.COM **COLASRAIL.COM**

IF Ingegneria Ferroviaria

RIVISTA DI TECNICA
ED ECONOMIA DEI TRASPORTI

TRANSPORTATION SCIENCE AND ECONOMY JOURNAL

ORGANO DEL COLLEGIO
INGEGNERI FERROVIARI ITALIANI

Pubblicazione mensile - *Monthly issue*

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

Servizio Pubblicità - *Advertising Service*
Roma: 06.47307819 – redazionetp@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
Federico CHELI
Giuseppe Romolo CORAZZA
Maria Vittoria CORAZZA
Biagio COSTA
Bruno DALLA CHIARA
Salvatore DI TRAPANI
Anders EKBERG
Alessandro ELIA
Luigi EVANGELISTA
Carmen FORCINITI
Attilio GAETA
Ingo HANSEN
Simon David IWNICKI
Marino LUPI
Adoardo LUZI
Gabriele MALAVASI
Giampaolo MANCINI
Enrico MINGOZZI
Elena MOLINARO
Francesco NATONI
Luca RIZZETTO
Stefano ROSSI
Francesco VITRANO
Dario ZANINELLI

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

Redazione - *Editorial Staff*
Massimiliano BRUNER
Francesca PISANO
Marisa SILVI

Collegio Ingegneri Ferroviari Italiani
Associazione NO PROFIT con personalità giuridica (n. 645/2009)
iscritta al Registro Nazionale degli Operatori della Comunicazione
(ROC) n. 5320 – Poste Italiane SpA – Spedizione in abbonamento
postale – d.l. 353/2003
(conv. In l. 27/02/2004 n. 46) art. 1 – DBC Roma
Via Giovanni Giolitti, 48 – 00185 Roma
E-mail: info@cifi.it – u.r.l.: www.cifi.it
Tel. 06.4742987 – Fax 06.4742987
Partita IVA 00929941003
Orario Uffici: lun.-ven. 8.30-13.00 / 13.30-17.00
Biblioteca: lun.-ven. 9.00-13.00 / 13.30-16.00

Indice

Anno LXXIV | **Luglio-Agosto 2019** | 7-8

MODELLI AGGREGATI DINAMICI PER LA PREVISIONE DELLA DOMANDA DELLE MERCI E DELLO SPLIT MODALE STRADA/FERROVIA AL BRENNERO
DYNAMIC AGGREGATE MODELS FOR FORECASTING OF FREIGHT DEMAND AND ROAD/RAILWAY MODAL SPLIT AT BRENNER
Raffaele MAURO
Andrea POMPIGNA **555**

Condizioni di Associazione al CIFI **589**

EFFETTO DI AMPLIFICAZIONE DEGLI EDIFICI SULLE VIBRAZIONI SUPERFICIALI INDOTTE DALLA METROPOLITANA IN ESERCIZIO
MAGNIFICATION EFFECT OF BUILDINGS ON SURFACE VIBRATIONS INDUCED BY METRO TRAINS OPERATION
Quian XIA
Wenjun QU
Yiqing LI
Jin ZHAO **591**

Condizioni di Abbonamento a IF – Ingegneria Ferroviaria
Terms of subscription to IF – Ingegneria Ferroviaria **608**

Notizie dall'interno **609**

Notizie dall'estero
News from foreign countries **619**

IF Biblio **631**

Elenco di tutte le Pubblicazioni CIFI **636**

Fornitori di prodotti e servizi **638**

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

LINEE GUIDA PER GLI AUTORI

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

La collaborazione è aperta a tutti.

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

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

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

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

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

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

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

GUIDELINES FOR THE AUTHORS

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

The collaboration is open to everyone.

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

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

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

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

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

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

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

Modelli aggregati dinamici per la previsione della domanda delle merci e dello split modale strada/ferrovia al Brennero

Dynamic aggregate models for forecasting of freight demand and road/railway modal split at the Brenner

Raffaele MAURO(*)
Andrea POMPIGNA(*)

Sommario - Nell'articolo si propone un approccio per la stima dell'evoluzione della domanda di traffico delle merci al Brennero basato su modelli e tecniche econometriche per l'analisi delle serie storiche. Utilizzando dati storici vengono definiti modelli econometrici con componenti dinamiche che consentono di considerare i vincoli di capacità di trasporto per i tonnellaggi totali e le dinamiche sottostanti al trasferimento di quote tra le modalità strada e ferrovia. I modelli vengono utilizzati per ottenere stime future della domanda di traffico merci con riferimento a due differenti scenari che considerano una identica evoluzione del contesto macroeconomico associata, rispettivamente, ad un'ipotesi di infrastrutturazione invariata rispetto all'attualità, ovvero ad un'ipotesi di evoluzione infrastrutturale legata alla realizzazione e completamento del nuovo Tunnel di Base del Brennero (BBT). I risultati ottenuti nei due scenari vengono infine discussi e mutuamente confrontati.

1. Introduzione

Il tema delle grandi infrastrutture strategiche di connessione tra l'Italia ed il Nord Europa è sicuramente argomento di grande interesse nazionale. Esso ha negli ultimi anni coinvolto significativamente l'opinione pubblica.

In questo lavoro si presentano ulteriori risultati della ricerca in corso (convenzione PAT - DICAM UNITN 8984/896-2016) sul traffico merci al valico del Brennero. Precedenti risultati sono stati pubblicati su questa rivista nel lavoro [1]. In esso sono state presentate le analisi di previsione della domanda basate su curve logistiche pervenendo a previsioni di medio e lungo periodo relative a più scenari rappresentati da diversi indirizzi di politica di trasporto e di esercizio.

(*) DICAM, Università di Trento.

Summary *- The article proposes an approach for estimating the evolution of the Brenner freight traffic demand based on econometric models and techniques for the analysis of historical series. Econometric models are defined with dynamic components that allow considering transport capacity constraints for total tonnages and the dynamics underlying the transfer of shares between road and rail modes using historical data. The models are used to obtain future estimates of freight traffic demand with reference to two different scenarios that consider an identical evolution of the macroeconomic context associated, respectively, to an unchanged infrastructure hypothesis with respect to current events, or to an infrastructure evolution hypothesis linked to the construction and completion of the new Brenner Base Tunnel (BBT). The results obtained in the two scenarios are finally discussed and mutually compared.*

1. Introduction

The topic of great strategic connection infrastructures between Italy and Northern Europe is certainly one of great national interest. In recent years it has significantly involved public opinion.

In this paper, further research results are presented (PAT - DICAM UNITN 8984/896-2016 convention) on freight traffic at the Brenner pass. Previous results have been published in this journal in the paper [1]. In it, forecasting analyses of demand based on logistic curves were presented, resulting in medium and long-term forecasts relating to several scenarios represented by different transport and operating policy orientations.

In continuity with [1] this work presents some modern multivariate techniques for the analysis of historical series.

(*) *DICAM, University of Trento.*

In continuità con [1] in questo lavoro si presentano alcune moderne tecniche multivariate per l'analisi delle serie storiche. I modelli ottenuti e tarati con i più aggiornati dati disponibili, hanno consentito la deduzione di strumenti previsionali della domanda delle merci al Brennero caratterizzati da particolare robustezza ed affidabilità statistica.

2. I modelli per la previsione della domanda merci

In termini generali, i modelli di domanda per l'analisi e la previsione del traffico merci si classificano prevalentemente secondo [2]:

- modelli di tipo econometrico: dai semplici modelli di analisi di tendenza basati sui livelli delle quantità trasportate ai più sofisticati modelli multivariati (in essi sono compresi anche i modelli di scelta discreta, o *discrete choice models*);
- modelli di pianificazione dei trasporti, noti come a quattro stadi (generazione - distribuzione - scelta modale - assegnazione della domanda di traffico);
- modelli input-output, o delle interdipendenze settoriali, che traducono l'attività economica espressa in termini monetari in tonnellate di merci scambiate all'interno di un contesto internazionale o interregionale.

Con riferimento alla segmentazione e trattazione del dato, invece, i modelli di domanda per l'analisi e la previsione del traffico merci si distinguono in genere in aggregati e disaggregati [3], [4]. I modelli aggregati considerano, ad esempio, variabili che descrivono situazioni di insieme (es. una categoria merceologia, un settore economico, un corridoio di traffico, etc.). I modelli disaggregati, invece, considerano generalmente i micro-dati relativi alla singola spedizione o al singolo spedizioniere.

I modelli di tipo econometrico sono solitamente impiegati in situazioni nelle quali, per diversi motivi, risulta non praticabile o comunque non preferibile lo sviluppo di modelli di pianificazione dei trasporti o del tipo input-output. Ciò accade se non è possibile disporre di informazioni aggiornate rispetto alla situazione attuale ed affidabili per produrre stime previsionali sul breve, medio e lungo periodo. Come noto i modelli econometrici sono adatti per studiare l'effetto dei cicli economici sul sistema dei trasporti. Nella loro specificazione multivariata con essi si indagano le relazioni statistiche tra la domanda di trasporto e i driver, identificati come variabili indipendenti, per fornire stime separate dell'influenza di ogni fattore sulla variabile dipendente (quantità delle merci).

Occorre rilevare, tuttavia, che se da un lato i modelli econometrici possono essere completamente definiti grazie ad una più agevole reperibilità di dati di input, dall'altro essi presentano alcuni limiti. Tra questi la limitata capacità di incorporare cambiamenti nella rete di trasporto e di tenere conto degli effetti di congestione sulle relative

The models obtained and calibrated with the most up-to-date data available, allowed deducting forecasting tools for freight demand at the Brenner featured by particular statistical robustness and reliability.

2. Freight demand forecasting models

In general terms, demand models for the analysis and forecast of freight traffic are mainly classified according to [2]:

- *econometric type models: from simple trend analysis models based on the levels of the quantities transported to the most sophisticated multivariate models (they also include discrete choice models);*
- *transport planning models, known as four-stage (generation - distribution - modal choice - allocation of traffic demand);*
- *input-output models, or sectorial interdependencies, which translate the economic activity expressed in monetary terms into tons of goods exchanged within an international or interregional context.*

With reference to the segmentation and treatment of the data, on the other hand, demand models for the analysis and forecast of freight traffic are generally distinguished in aggregate and disaggregated [3], [4]. Aggregate models consider, for example, variables that describe overall situations (e.g. a product category, an economic sector, a traffic corridor, etc.). Disaggregated models, on the other hand, generally consider micro-data relating to the single shipment or to the single shipper.

The econometric type models are usually used in situations where, for various reasons, the development of transport planning models or of the input-output type is not feasible or not preferable. This happens if updated information and reliable to produce forecast estimates in the short, medium and long term cannot be obtained with respect to the current situation. As known, econometric models are suitable for studying the effect of economic cycles on the transport system. In their multivariate specification with them statistical relationships between the transport demand and the drivers, identified as independent variables are investigated, to provide separate estimates of the influence of each factor on the dependent variable (quantity of goods).

It should be noted, however, that while on the one hand econometric models can be completely defined thanks to easier availability of input data, on the other they have some limits. Among these is the limited ability to incorporate changes in the transport network and to take into account the effects of congestion on the relative variations in modal choice [5]. Given the above, econometric type models are deduced and implemented below for which there are specific modelling solutions that allow recovering some of the limits just mentioned.

variazioni di scelta modale [5]. Ciò premesso, nel seguito vengono dedotti ed implementati modelli di tipo econometrico per i quali si presentano specifiche soluzioni modellistiche che consentono di recuperare alcuni dei limiti appena richiamati.

L'utilizzo di modelli per l'analisi delle serie temporali, sia univariate che multivariate, è estremamente diffuso [5] poiché le variabili possono essere facilmente individuate e interpretate, e i modelli risultano spesso di semplice implementazione e non particolarmente data-intensive [6]. Le applicazioni possono essere molto diverse: dagli approcci interpolativi nella stima del trend dei livelli delle variabili (interpolazioni lineari, polinomiali, logistiche, etc.) ad approcci generalmente noti come Auto Regressive Distributed Lag (ARDL). Gli ARDL consentono di connettere l'andamento della variabile dipendente (livello o n-differenza secondo i requisiti di stazionarietà) ad una componente autoregressiva e a componenti a ritardi distribuiti (determinazioni precedenti della variabile valutata al tempo in esame) relative ad altre variabili esplicative. Tra i metodi interpolativi si richiamano, ad esempio, quelli che utilizzano funzioni comprensive di vincoli di capacità. Trattasi dei modelli basati sulla stima di funzioni logistiche di Gompetz [1] o i modelli di crescita a tasso variabile [7], [8].

Tra i modelli ARDL, invece, si richiamano: quelli di cointegrazione (CI); a correzione d'errore (ECM); autoregressivi integrati a media mobile, con e senza modellazione stagionale (ARIMA e SARIMA); vettoriali autoregressivi (VAR). A fini esemplificativi, tra le applicazioni dei modelli ARDL si possono citare: [9] nel quale la cointegrazione e la correzione d'errore sono utilizzate per analizzare le relazioni tra performance di trasporto e variabili macroeconomiche in India; [10] dove si usa un modello VAR per esplorare le relazioni di lungo periodo nel traffico ferroviario merci in India; [11] nel quale si utilizzano modelli ARIMA e SARIMA per ottenere previsioni sul traffico ferroviario di alcune tipologie merceologiche in Estonia; [12] ove si applicano 6 differenti modelli econometrici per individuare le elasticità dell'attuale domanda ferroviaria e stradale e prevedere la domanda futura in Gran Bretagna; [13] dove si utilizza una Band Spectrum Regression (BSR) per evidenziare i legami tra cicli e trend nella domanda di trasporto merci e andamento delle variabili macro-economiche in Svezia.

Nella grande variabilità degli approcci alla modellazione delle serie temporali, in generale si possono distinguere modelli marcatamente aggregati - che considerano l'intero volume trasportato a livello nazionale (e.g. [14], [15]) – ovvero espressi con aggregazioni a livello settoriale o sotto-settoriale (e.g. [16]).

Anche per quanto riguarda i modelli di scelta discreta (*discrete choice models*) sono disponibili formulazioni aggregate. Esse considerano un volume complessivo di merce trasportata (generalmente per coppie di Origine – Destinazione) massimizzando l'utilità complessiva invece di quella singola di ciascun decisore coinvolto nella scelta di

The use of models for the analysis of both univariate and multivariate time series is extremely widespread [5] since the variables can be easily identified and interpreted, and the models are often simple to implement and not particularly data-intensive [6]. Applications can be very different: from interpolation approaches in estimating the trend of variable levels (linear, polynomial, logistic interpolations, etc.) to approaches generally known as Auto Regressive Distributed Lag (ARDL). The ARDLs allow connecting the trend of the dependent variable (level or n-difference according to the stationary requirements) to an autoregressive component and to components with distributed delays (previous determinations of the variable evaluated at the time under examination) relative to other explanatory variables. Interpolative methods include, for example, those that use functions with capacity constraints. These are models based on the estimate of Gompetz logistic functions [1] or variable rate growth models [7], [8].

Among the ARDL models, instead, we refer to: cointegration ones (CI); with error correction (ECM); autoregressive integrated with moving average, with and without seasonal modelling (ARIMA and SARIMA); vector autoregressive (VAR). For example, among the applications of ARDL models we can mention: [9] in which cointegration and error correction are used to analyse the relationships between transport performance and macroeconomic variables in India; [10] where a VAR model is used to explore long-term relationships in rail freight traffic in India; [11] in which ARIMA and SARIMA models are used to obtain rail traffic forecasts for some types of goods in Estonia; [12] where 6 different econometric models are applied to identify the elasticity of current rail and road demand and forecast future demand in Great Britain; [13] where a Band Spectrum Regression (BSR) is used to highlight the links between cycles and trends in the demand for freight transport and the trend of macro-economic variables in Sweden.

In the great variability of approaches to time series modelling, markedly aggregated models can be generally distinguished - which consider the entire volume transported at national level (e.g. [14], [15]) - or expressed with aggregations at sectorial or sub-sectorial level (e.g. [16]).

Aggregate formulations are available also for discrete choice models. They consider a total volume of goods transported (generally for Origin - Destination pairs) maximising the overall utility instead of the single one of each decision maker involved in the transport choice considered. These models are also called Logit Aggregates and are used when no disaggregated data are available. They are also used when it is in any case more convenient to operate in an aggregate manner, in the specification of the modal choice model.

With respect to this type of model, thoroughly described in [17], the well-known differences model can be quoted [3] and the dynamic modal split model introduced by [7], [8] and used in this research.

trasporto considerata. Questi modelli sono detti anche Logit Aggregati e sono utilizzati quando non sono disponibili dati disaggregati. Essi si usano anche quando risulta comunque più conveniente, nella specificazione del modello di scelta modale, operare in maniera aggregata.

Rispetto a questa tipologia di modelli, ampiamente descritta in [17], si possono citare il noto modello delle differenze [3] e il modello dinamico di split modale introdotto da [7], [8] ed utilizzato in questa ricerca.

2.1 Struttura della ricerca

La natura del contesto in cui questa ricerca si colloca [1] indirizza verso l'uso di modelli di tipo econometrico aggregato (cfr. precedente §).

Nella trattazione che segue, per il Brennero si ricorre all'utilizzo integrato dei due tipi di modelli econometrici prima richiamati: i modelli per l'analisi delle serie storiche, per stimare i livelli dei tonnellaggi totali annuali complessivi, senza distinzione sul tipo di trasporto; quelli di scelta discreta per stimare le quote di ripartizione modale del tonnellaggio complessivo annuale tra strada e ferrovia. Occorre sottolineare che la variabile tonnellaggio per la rappresentazione dell'andamento del traffico al valico, potrebbe comunque risentire dei fenomeni di cambiamento strutturale avvenuti o in atto nel settore logistico. Nel corso degli anni, infatti, la tendenza ad una maggiore parcellizzazione dei beni trasportati (si pensi in questi termini all'impatto del commercio elettronico) potrebbe determinare situazioni nelle quali una riduzione del tonnellaggio con contestuale aumento del volume dei beni trasportati (ossia in cui merci pesanti vengono sostituite da merci più leggere e voluminose) non si traduce necessariamente in minori movimenti di mezzi su strada e ferrovia. Di queste situazioni potenziali si terrà conto con debiti approfondimenti nel prosieguo della ricerca.

Per la stima della domanda complessiva, in particolare, viene qui impiegato un modello di tipo econometrico aggregato applicato all'analisi di serie storiche multivariate che considera l'intero ammontare del tonnellaggio annuo trasportato in funzione di alcune variabili macroeconomiche nazionali, seguendo un approccio di cointegrazione (CI) e correzione d'errore (ECM). Viene quindi specificato e stimato nei parametri, come nel seguito dettagliatamente riportato, un modello moltiplicativo per la stima dei valori di elasticità della domanda di trasporto rispetto alle variabili indipendenti.

Per la presenza di vincoli capacitivi al trasporto merci per il corridoio del Brennero, viene poi specificato e calibrato un ulteriore modello aggregato con dinamica di aggiustamento parziale delle elasticità [18]. Esso, per l'esistenza di una soglia di capacità di trasporto del valico del Brennero per il sistema complessivo strada+ferrovia, consente di avere stime di domanda più realistiche nel lungo periodo.

2.1. Research structure

The nature of the context in which this research is placed [1] is oriented towards the use of aggregate econometric models (see previous §).

In the following discussion, recourse are made to the integrated use of the two types of econometric models previously referred to for the Brenner: the historical series analysis models, to estimate the total annual tonnage levels, without distinction on the type of transport; those of discrete choice to estimate the modal split shares of the total annual tonnage between road and rail. It should be emphasised that the variable tonnage for the representation of the traffic trend at the pass, could however be affected by the structural change phenomena occurred or taking place in the logistics sector. Over the years, in fact, the tendency to greater fragmentation of the goods transported (think in these terms of the impact of e-commerce) could lead to situations in which a reduction in tonnage with a simultaneous increase in the volume of transported goods (i.e. in which heavy goods are replaced by lighter and more voluminous goods) does not necessarily translate into smaller movements of road and rail vehicles. In the course of the research these potential situations will be taken into account with in-depth analysis.

In particular, to estimate the overall demand, an aggregate econometric model is used, applied to the analysis of multivariate time series which considers the entire amount of the annual tonnage transported according to some national macroeconomic variables, following a cointegration (CI) and error correction (ECM) approach. A multiplicative model is then specified and estimated in the parameters, as described in detail below, to estimate the elasticity values of the transport demand with respect to the independent variables.

Due to the presence of capacitive constraints on freight transport for the Brenner corridor, an additional aggregate model with partial elasticity adjustment dynamics is specified and calibrated [18]. Due to the existence of a threshold of transport capacity of the Brenner pass for the overall road + rail system, it allows for more realistic demand estimates in the long term.

The dynamic model proposed in [7] is used for the evaluation of the modal split, to be applied to the estimate of the total tonnage transported (road + rail). With this we remove the hypothesis of instant adaptation in the modal choice to the variation of the costs of the alternatives. This model, in fact, is particularly suitable for the purposes of this paper, in which we consider a modal share that is affected by the cost changes to the previous period used by a fraction of users. For the cost functions of the alternatives, quadratic relations are assumed with the overall quantities transported. Furthermore, appropriate heuristic corrections are introduced for the aforementioned functions to take into account the existence of capacitive constraints and any variations in the transport offer. The model is calibrated by non-linear optimisation considering the historical data of the road and rail modal percentages at the Brenner pass.

Per la valutazione delle quote di ripartizione (split) modale, da applicarsi alla stima dei tonnellaggi complessivamente trasportati (strada+ferrovia), si utilizza il modello dinamico proposto in [7]. Con esso si rimuove l'ipotesi di istantaneo adattamento nella scelta modale alla variazione dei costi delle alternative. Questo modello, infatti, si presenta particolarmente adatto per le finalità del presente, nel quale si considera una quota modale che risente dei cambiamenti di costo al periodo precedente operati da una frazione di utenti. Per le funzioni di costo delle alternative sono ipotizzate relazioni quadratiche con le quantità complessivamente trasportate. Per le predette funzioni, inoltre, vengono introdotte opportune correzioni euristiche per tenere conto dell'esistenza di vincoli capacitivi e di eventuali variazioni di offerta di trasporto. Il modello viene calibrato mediante ottimizzazione non lineare considerando i dati storici delle percentuali modali strada e ferrovia al valico del Brennero.

I modelli appena richiamati utilizzano dati del periodo 1990-2017. Essi sono poi impiegati per effettuare previsioni relative a: traffico annuale merci al Brennero come tonnellaggio totale sulle due modalità di trasporto (strada+ferrovia); quote di split modale strada/ferrovia e, mediante le precedenti stime, tonnellaggio totale annuale distinto per modalità (strada e ferrovia).

In particolare, si considerano due scenari: lo scenario A di sola evoluzione del contesto macroeconomico, supponendo l'invarianza del sistema infrastrutturale; lo scenario B nel quale, oltre all'evoluzione del contesto macroeconomico dello scenario A, vi è anche una evoluzione del sistema infrastrutturale ferroviario, con completamento della Galleria di Base e quadruplicamento della linea [1].

I risultati ottenuti sono quindi messi a confronto con le precedenti stime di [1] e con le stime prodotte da altri negli anni.

3. I modelli aggregati per la previsione dei tonnellaggi totali

3.1. Il modello di equilibrio a lungo termine

Come già detto, i modelli econometrici aggregati di evoluzione della domanda dei sistemi di trasporto consistono in relazioni tra traffico ed un insieme di variabili esplicative, del tipo

$$y = f(x_1, x_2, \ldots \ldots, x_n) \qquad (1)$$

dove y è domanda di traffico (variabile dipendente) e x_i (i = 1, ..., n) sono le variabili esplicative (indipendenti). A fini econometrici relazioni del tipo (1) sono caratterizzate rispetto all'elasticità, definita da:

$$E_{x_i} = \left(\frac{\Delta y}{y}\right) / \left(\frac{\Delta x_i}{x_i}\right) \qquad (2)$$

Per la definizione della forma funzionale più appropriata per descrivere la funzione di domanda (1) si può

The models mentioned above use data from the 1990-2017 period. They are then used to make forecasts for: annual freight traffic at the Brenner pass as total tonnage on the two transport modes (road + rail); road/rail modal split shares and, through the previous estimates, total annual tonnage differentiated by mode (road and rail).

In particular, two scenarios are considered: scenario A which is the sole evolution of the macroeconomic context, assuming the invariance of the infrastructural system; scenario B in which, in addition to the evolution of the macroeconomic context of scenario A, there is also an evolution of the railway infrastructural system, with completion of the Base Tunnel and quadrupling of the line [1].

The results obtained are then compared with the previous estimates of [1] and with the estimates produced by others over the years.

3. Aggregate models for the forecast of total tonnages

3.1. Long-term equilibrium model

As already mentioned, the aggregate econometric models of the transport system demand evolution consist in relations between traffic and a set of explanatory variables, such as

$$y = f(x_1, x_2, \ldots \ldots, x_n) \qquad (1)$$

where y is the demand for traffic (dependent variable) and x_i (i = 1, ..., n) are the explanatory (independent) variables. For econometric purposes, relations of type (1) are characterised with respect to elasticity, defined by:

$$E_{x_i} = \left(\frac{\Delta y}{y}\right) / \left(\frac{\Delta x_i}{x_i}\right) \qquad (2)$$

For the definition of the most appropriate functional form to describe the demand function (1) we can refer to the Crobb-Douglas multiplicative function:

$$y = e^{\alpha_0}[x_1^{\alpha_1} \cdot x_2^{\alpha_2} \cdot \ldots \cdot x_i^{\alpha_i} \cdot \ldots \cdot x_n^{\alpha_n}] = e^{\alpha_0} \prod_i x_i^{\alpha_i} \qquad (3)$$

where α_0 and α_i are constant parameters. In particular, α_i represent the elasticities of y with respect to the independent variables x_i.

If function $y = f(x_1, x_2, \ldots \ldots, x_n)$ is expressed with the multiplicative model of the form (3), moving to the logarithms a linear expression of the following type is obtained:

$$\ln(y) = \alpha_o + \sum_i \alpha_i \ln(x_i) \qquad (4)$$

To detail (4) (determine α_0 and α_i) recourse is made to linear regression, introducing a suitable error term ε. Thus, placing in a certain interval T (e.g. for T years) the historical series of the values actually recorded for the dependent variable y and for the independent variables x_i in each of the homogeneous t sub-intervals in which the

fare riferimento alla funzione moltiplicativa di Crobb-Douglas:

$$y = e^{\alpha_0}[{x_1}^{\alpha_1} \cdot {x_2}^{\alpha_2} \cdot \ldots \cdot {x_i}^{\alpha_i} \cdot \ldots \cdot {x_n}^{\alpha_n}] = e^{\alpha_0} \prod_i {x_i}^{\alpha_i} \quad (3)$$

dove α_0 e α_i sono parametri costanti. In particolare, le α_i rappresentano le elasticità di y rispetto alle variabili indipendenti x_i.

Se la funzione $y = f(x_1, x_2, \ldots \ldots, x_n)$ viene espressa con il modello moltiplicativo della forma (3), passando ai logaritmi si ottiene una espressione lineare del tipo seguente:

$$\ln(y) = \alpha_o + \sum_i \alpha_i \ln(x_i) \quad (4)$$

Per particolareggiare la (4) (determinare α_0 e α_i) si ricorre alla regressione lineare, introducendo un opportuno termine di errore ε. Così, disponendo in un certo intervallo T (es. per T anni) della serie storica dei valori effettivamente registrati per la variabile dipendente y e per le variabili indipendenti x_i in ognuno dei sottointervalli omogenei t in cui lo stesso può essere suddiviso (es. per ogni anno t), si possono scrivere equazioni del tipo

$$\ln(y)_t = \alpha_o + \sum_i \alpha_i \ln(x_i)_t + \varepsilon_t \quad (5)$$

Con questo criterio si può determinare il valore dei parametri α_0 ed α_0, α_1, α_2, ..., α_i, ..., α_n.

Affinché il modello possa essere particolareggiato nei livelli delle variabili, ovvero nei relativi logaritmi, occorre che le serie storiche in esame risultino stazionarie. Se, invece, la serie non risulta stazionaria, devono essere effettuate trasformazioni (differenziazioni) al fine di ottenere una serie trasformata stazionaria e quindi utilizzabile per effettuare previsioni [19].

In generale una serie stazionaria si dice integrata di ordine 0 e si scrive sinteticamente I(0), mentre una serie non stazionaria si dice di ordine d, sinteticamente I(d), se può essere resa stazionaria (quindi I(0)) con d differenziazioni. In particolare si dice I(1) una serie non stazionaria che può essere resa I(0) con una sola differenziazione delle relative osservazioni. Come efficacemente segnalato da GRANGER e NEWBOLD [20], una regressione che utilizza serie storiche non stazionarie può portare a false inferenze (i cosiddetti casi di regressione spuria). Occorre osservare che la differenziazione delle serie per renderle stazionarie produce una perdita di informazione della serie trasformata rispetto a quella originaria. Questi aspetti sono ben noti in econometria. Per essi si rimanda a [19] dove, tra l'altro, vengono dettagliatamente descritti gli aspetti di cointegrazione tra due o più serie non stazionarie. Con cointegrazione si intende l'esistenza tra due o più serie non stazionarie di combinazioni lineari delle stesse che risulti poi stazionaria.

Tornando al caso in esame, il modello di regressione appena richiamato per l'individuazione dei coefficienti (elasticità) della funzione di Crobb-Douglas può essere implementato operando sui livelli delle variabili se le *same can be divided (e.g. for each year t), we can write equations of the type*

$$\ln(y)_t = \alpha_o + \sum_i \alpha_i \ln(x_i)_t + \varepsilon_t \quad (5)$$

With this criterion the value of the parameters α_0 and α_0, α_1, α_2, ..., α_i, ..., α_n can be determined.

In order for the model to be detailed in the levels of the variables, or in the relative logarithms, the historical series in question must be stationary. If, on the other hand, the series is not stationary, transformations (differentiations) must be carried out in order to obtain a stationary transformed series that can then be used to make forecasts [19].

In general a stationary series is called integrated of order 0 and is written synthetically I(0), while a non-stationary series is called of order d, synthetically I(d), if it can be made stationary (hence I(0)) with d differentiations. In particular, I(1) is a non-stationary series that can be made I(0) with a single differentiation of the relative observations. As effectively reported by GRANGER AND NEWBOLD [20], a regression that uses non-stationary historical series can lead to false inferences (so-called spurious regression cases). It should be noted that the differentiation of the series to make them stationary produces a loss of information of the transformed series with respect to the original one. These aspects are well known in econometrics. For these, see [19] where, among other things, the aspects of cointegration between two or more non-stationary series are described in detail. Cointegration means the existence between two or more non-stationary series of linear combinations of the same that is then stationary.

Returning to the case in question, the regression model just mentioned for the identification of the coefficients (elasticity) of the Crobb-Douglas function can be implemented by operating on the levels of the variables if they are in themselves stationary (I(0)), or if they are cointegrated. In this case, if the cointegration consists of at least one linear combination which results in I(0) the regression estimated at least squares produces residuals which are also I(0), i.e. stationary.

With respect to the definition of the general form of the model, in relation both to the different units of measurement with which the different historical series under examination are represented, and to the separation of the effects due to each of the explanatory variables on traffic elasticity, in general each of the series is normalised with respect to its initial value. In this case the series are represented by the fixed base index numbers (t = 0), obtaining the form:

$$\frac{(y)_t}{(y)_0} = e^{\alpha_o} \prod_i \left(\frac{(x_i)_t}{(x_i)_0} \right)^{\alpha_i} \quad (6)$$

The coefficients of (6) are estimated with linear regression:

$$\ln \frac{(y)_t}{(y)_0} = \alpha_o + \sum_i \alpha_i \frac{\ln(x_i)_t}{\ln(x_i)_0} + \varepsilon_t \quad (7)$$

stesse sono stazionarie di per sé (I(0)), ovvero se risultano cointegrate. In questo caso se la cointegrazione consiste in almeno una combinazione lineare che risulti I(0) la regressione che si stima ai minimi quadrati produce residui che sono anche essi I(0), cioè stazionaria.

Rispetto alla definizione della forma generale del modello, in relazione sia alle differenti unità di misura con le quali si rappresentano le diverse serie storiche in esame, sia alla separazione degli effetti dovuti a ciascuna delle variabili esplicative sull'elasticità del traffico, in genere si normalizza ciascuna delle serie rispetto al relativo valore iniziale. In questo caso le serie si rappresentano attraverso i numeri indice a base fissa (t = 0), ottenendo la forma:

$$\frac{(y)_t}{(y)_0} = e^{\alpha_o} \prod_i \left(\frac{(x_i)_t}{(x_i)_0} \right)^{\alpha_i} \tag{6}$$

I coefficienti della (6) si stimano con la regressione lineare:

$$\ln \frac{(y)_t}{(y)_0} = \alpha_o + \sum_i \alpha_i \frac{\ln(x_i)_t}{\ln(x_i)_0} + \varepsilon_t \tag{7}$$

La forma linearizzata può anche scriversi come:

$$Y_t = \alpha_o + \sum_i \alpha_i (X_i)_t + \varepsilon_t \tag{8}$$

dove $Y_t = \ln \frac{(y)_t}{(y)_0}$, $X_t = \ln \frac{\ln(x_i)_t}{\ln(x_i)_0}$, e^{α_o} è una costante del modello e le α_i sono i valori di elasticità della variabile Y rispetto a ciascuna delle X_i.

La (8) rappresenta, quindi, grazie alla cointegrazione esistente tra le serie storiche $\{Y, X_i\}$, la relazione di equilibrio nel lungo periodo tra la variabile dipendente Y ed i regressori X_i. Essa risulta non spuria, appunto, per l'esistenza di cointegrazione tra le stesse variabili. A tal proposito occorre ricordare che, come evidenziato in [21] se le serie iniziali nei livelli sono cointegrate, sono cointegrate anche quelle nei relativi logaritmi, anche con normalizzazione rispetto a t =0.

3.2. Il modello con dinamica di aggiustamento

Come già riportato in [1], l'utilizzo di un modello previsionale del tipo regressivo, anche se adatto alla descrizione l'evoluzione temporale della variabile dipendente fino all'attualità, non risulta di fatto pienamente utile a fini previsionali quando la stessa variabile, ed eventualmente i predittori considerati come esplicativi del fenomeno (y e le varie x_i) tendono a valori di soglia.

Nel caso dei modelli aggregati di domanda espressi nella forma generale dell'equazione (8) la stima dei coefficienti costanti del modello e l'utilizzo di quest'ultimo ai fini previsionali produce di fatto proiezioni future a crescita indefinita nel lungo periodo.

Per ovviare a questa circostanza in [18] si propone un modello regressivo ad aggiustamento variabile che pren-

The linearized form can also be written as:

$$Y_t = \alpha_o + \sum_i \alpha_i (X_i)_t + \varepsilon_t \tag{8}$$

where $Y_t = \ln \frac{(y)_t}{(y)_0}$, $X_t = \ln \frac{\ln(x_i)_t}{\ln(x_i)_0}$, e^{α_o} *is a constant of the model and are the* α_i *elasticity values of the variable Y with respect to each of the* X_i.

The (8) represents, therefore, the equilibrium relationship in the long term between the dependent Y variable and the regressors X_i, *thanks to the existing cointegration between the historical series* $\{Y, X_i\}$. *It is precisely not spurious, due to the existence of cointegration between the same variables. In this regard it should be noted that, as highlighted in [21] if the initial series in the levels are cointegrated, those in the related logarithms are also integrated, even with normalisation with respect to* t = 0.

3.2. The model with adjustment dynamics

As already reported in [1], the use of a regressive forecasting model, even if suitable for the description of the temporal evolution of the dependent variable up to the present, is not in fact fully useful for forecasting purposes when the same variable, and possibly the predictors considered as explanatory of the phenomenon (y and the various ones x_i*) tend to threshold values.*

In the case of aggregate demand models expressed in the general form of equation (8), the estimation of the constant coefficients of the model and the use of the latter for forecasting purposes produces de facto long-term future growth projections.

To overcome this circumstance in [18] a regressive model is proposed with variable adjustment that examines a threshold value for the dependent variable. Along with the modelling of the form of equilibrium (8) already presented, the presence of a further dynamic equation based on the introduction of an adjustment variable $\lambda = \lambda_t$ *is envisaged. In this way the variable adjustment is given by:*

$$\Delta Y_t = \lambda_t \cdot (Y_t - Y_{t-1}) + \varepsilon_t \tag{9}$$

In the direction of the variable adjustment, the speed of the same must decrease as the level of Y_t *increases, that is, when the latter approaches the capacity. By indicating the capacity with* Y^*, *the quality level of the transport system to the period t is defined as the quantity*

$$\tau_t = (Y^* - Y_{t-1}) / Y^* \tag{10}$$

The dependency on τ_t *is assumed for the adjustment variable* λ, *according to the parameter* θ, *thus obtaining*

$$\lambda_t = \theta \cdot \tau_t = \theta \cdot [(Y^* - Y_{t-1}) / Y^*] \tag{11}$$

The result is a variable adjustment between $\lambda_t = \theta$ *when* $\tau_t = 1$ *and* $\lambda_t = 0$ *when* $\tau_t = 0$.

By replacing the (11) in the (9) one has

de in esame un valore soglia per la variabile dipendente. Con esso si prevede, accanto alla modellazione della forma di equilibrio (8) già presentata, la presenza di una ulteriore equazione dinamica basata sull'introduzione di una variabile di aggiustamento $\lambda = \lambda_t$. In questo modo l'aggiustamento variabile è dato da:

$$\Delta Y_t = \lambda_t \cdot (Y_t - Y_{t-1}) + \varepsilon_t \qquad (9)$$

Nella direzione dell'aggiustamento variabile, la velocità dello stesso deve diminuire all'aumentare del livello della Y_t, cioè all'avvicinarsi di quest'ultima alla capacità. Indicando con Y^* la capacità, si definisce livello di qualità del sistema di trasporto al periodo t la quantità

$$\tau_t = (Y^* - Y_{t-1}) / Y^* \qquad (10)$$

Si assume per la variabile di aggiustamento λ la dipendenza da τ_t, secondo il parametro θ, ottenendo quindi

$$\lambda_t = \theta \cdot \tau_t = \theta \cdot [(Y^* - Y_{t-1}) / Y^*] \qquad (11)$$

Ne segue un aggiustamento variabile tra $\lambda_t = \theta$ quando $\tau_t = 1$ e $\lambda_t = 0$ quando $\tau_t = 0$.

Sostituendo la (11) nella (9) si ha

$$\Delta Y_t = \lambda_t \cdot \left(\alpha_o + \sum_i \alpha_i \cdot (X_i)_t - Y_{t-1}\right) + \varepsilon_t \qquad (12)$$

da cui

$$\frac{\Delta Y_t}{\tau_t} = \theta \cdot \alpha_o + \sum_i \theta \cdot \alpha_i \cdot (X_i)_t - \theta \cdot Y_{t-1} + \frac{\varepsilon_t}{\tau_t} = \alpha'_o + \sum_i \alpha'_i \cdot (X_i)_t - \theta \cdot Y_{t-1} + \frac{\varepsilon_t}{\tau_t} \qquad (13)$$

Il modello (13) si stima ai minimi quadrati nei parametri θ, α'_o ed α'_1, ..., α'_n. Dai predetti parametri, mediante la determinazione del parametro di aggiustamento θ, si ricavano la costante del modello statico $e^{\alpha_o} = e^{\alpha'_o/\theta}$ le elasticità costanti rispetto a ciascun predittore $\alpha_i = \alpha'_i/\theta$.

Considerando che la (13) può essere scritta come

$$Y_t = \beta^*_o + \sum_i \beta^*_{it} \cdot (X_i)_t + \gamma^*_{it} \cdot Y_{t-1} + \frac{\varepsilon_t}{\tau_t} \qquad (14)$$

è evidente la somiglianza con la (8) una volta che si è rimosso il vincolo della costanza delle elasticità, risultando

$$\beta^*_0 = \tau_t \cdot \theta \cdot \alpha_0, \beta^*_{it} = \tau_t \cdot \theta \cdot \alpha_i \text{ e } \gamma^*_{it} = (1 - \tau_t \cdot \theta).$$

4. Il modello aggregato per la previsione dello split modale strada/ferrovia

L'analisi dell'evoluzione dello scambio modale è stata oggetto di recenti studi [7], [8], nei quali si affronta anche il caso del Brennero. In [7] viene presentato un modello dinamico di split modale in un contesto multimodale per le merci, supponendo che l'evoluzione temporale della domanda di traffico merci possa essere accompagnata da una corrispondente evoluzione dei sistemi di trasporto. Quest'ultima è considerata in termini di capacità dei sistemi stessi e di una conseguente ridefinizione dei costi del trasporto nei confronti dei quali si registra una variazione non istantanea nei livelli di domanda.

$$\Delta Y_t = \lambda_t \cdot \left(\alpha_o + \sum_i \alpha_i \cdot (X_i)_t - Y_{t-1}\right) + \varepsilon_t \qquad (12)$$

from which

$$\frac{\Delta Y_t}{\tau_t} = \theta \cdot \alpha_o + \sum_i \theta \cdot \alpha_i \cdot (X_i)_t - \theta \cdot Y_{t-1} + \frac{\varepsilon_t}{\tau_t} = \alpha'_o + \sum_i \alpha'_i \cdot (X_i)_t - \theta \cdot Y_{t-1} + \frac{\varepsilon_t}{\tau_t} \qquad (13)$$

The model (13) is estimated at the least squares in parameters θ, α'_o and α'_1, ..., α'_n. From the aforementioned parameters, through the determination of the adjustment parameter θ, the constant of the static model $e^{\alpha_o} = e^{\alpha'_o/\theta}$ and the constant elasticities with respect to each predictor $\alpha_i = \alpha'_i/\theta$ are obtained.

Considering that (13) can be written as

$$Y_t = \beta^*_o + \sum_i \beta^*_{it} \cdot (X_i)_t + \gamma^*_{it} \cdot Y_{t-1} + \frac{\varepsilon_t}{\tau_t} \qquad (14)$$

the similarity with (8) is evident once the constraint of constancy of elasticities has been removed, resulting

$$\beta^*_0 = \tau_t \cdot \theta \cdot \alpha_0, \beta^*_{it} = \tau_t \cdot \theta \cdot \alpha_i \text{ and } \gamma^*_{it} = (1 - \tau_t \cdot \theta).$$

4. The aggregate model for the forecast of the road/rail modal split

The analysis of the evolution of the modal exchange has been the subject of recent studies [7], [8], in which the case of the Brenner is also addressed. In [7] a dynamic modal split model is presented in a multimodal context for goods, assuming that the temporal evolution of freight traffic demand may be accompanied by a corresponding evolution of transport systems. The latter is considered in terms of the capacity of the systems themselves, and of a consequent redefinition of transport costs with respect to which there is a non-instantaneous variation in the levels of demand.

Below are the essential aspects of the model in [7], in consideration of the presence, in the case in question, of the two road and rail modes for which at t time the traffic demand in terms of total tonnages y_t is divided between road and railway in the two percentages respectively s_t and f_t. Thus the tonnages transported with the two systems are

$$y_t \cdot s_t \text{ and } y_t \cdot f_t = y_t \cdot (1 - s_t).$$

In general the cost of each alternative is a random variable for which an average value can be assumed that at time t is a function of the quantity transported, or of the relationship between the same and the capacity. These average values in the case of the systems in question are indicated with c_s and c_f. In these terms, the probability of choosing the road mode is equal to the probability that the cost on the road is lower than on rail and vice versa, i.e.:

$$P_s^{t+1} = P\left[-c_s^t + \varepsilon_s^t > -c_f^t + \varepsilon_f^t\right]$$
$$P_f^{t+1} = P\left[-c_f^t + \varepsilon_f^t > -c_s^t + \varepsilon_s^t\right] \qquad (15)$$

If the residuals ε_s^t ε_f^t are distributed according to a Gumbel random variable with zero mean and constant scale parameter equal to 1, the equations identify a Binary Logit

Di seguito vengono esposti gli aspetti essenziali del modello in [7], in considerazione della presenza, nel caso in esame, delle due modalità strada e ferrovia per le quali all'istante temporale t la domanda di traffico in termini di tonnellaggi totali y_t si suddivide tra strada e ferrovia nelle due percentuali rispettivamente s_t e f_t. Così i tonnellaggi trasportati con i due sistemi risultano

$$y_t \cdot s_t \text{ e } y_t \cdot f_t = y_t \cdot (1 - s_t).$$

In generale il costo di ogni alternativa è una variabile aleatoria per la quale si può supporre un valore medio che al tempo t sia funzione della quantità trasportata, ovvero del rapporto tra la stessa e la capacità. Tali valori medi nel caso dei sistemi in esame si indicano con c_s e c_f. In questi termini, la probabilità di scelta della modalità strada è uguale alla probabilità che il costo su strada sia inferiore a quello su ferrovia e viceversa, ossia:

$$\begin{aligned} P_s^{t+1} &= P\left[-c_s^t + \varepsilon_s^t > -c_f^t + \varepsilon_f^t\right] \\ P_f^{t+1} &= P\left[-c_f^t + \varepsilon_f^t > -c_s^t + \varepsilon_s^t\right] \end{aligned} \tag{15}$$

Se i residui ε_s^t ed ε_f^t sono distribuiti secondo una variabile casuale di Gumbel con media nulla e parametro di scala costante e pari ad 1, le equazioni individuano un modello Logit Binomiale (Binary Logit Model, BLM) [22] per il quale le probabilità di scelta della modalità strada e ferrovia risultano essere:

$$\begin{aligned} P_s^{t+1} &= \frac{\exp[-c_s^t]}{\exp[-c_s^t] + \exp\left[-c_f^t\right]} \\ P_f^{t+1} &= \frac{\exp\left[-c_f^t\right]}{\exp[-c_s^t] + \exp\left[-c_f^t\right]} = 1 - P_s^{t+1} \end{aligned} \tag{16}$$

Considerando ora, ad esempio, l'opzione strada ed indicando con $\overline{s_t}$ la quota di y_{t+1} che opterebbe per la medesima modalità se la totalità delle scelte si orientasse verso la modalità di costo minimo, la P_s^{t+1} può essere considerata una buona stima di $\overline{s_t}$. Per le due modalità risulta che:

$$\begin{aligned} \overline{s_t} &= P_s^{t+1} \\ \overline{f_t} &= P_f^{t+1} = 1 - P_s^{t+1} \end{aligned} \tag{17}$$

Come anticipato il modello ipotizza che, realizzandosi un ritardo nell'adattamento rispetto alla scelta di una nuova alternativa con minore costo all'istante $t + 1$, tra t e $t + 1$ si abbia:

$$\begin{aligned} s_{t+1} - s_t &= \beta \cdot [\overline{s_t} - s_t] \\ f_{t+1} - f_t &= \beta \cdot \left[\overline{f_t} - f_t\right] \end{aligned} \tag{18}$$

e che quindi risulti

$$\begin{aligned} s_{t+1} &= s_t + \beta \cdot [\overline{s_t} - s_t] \\ f_{t+1} &= f_t + \beta \cdot \left[\overline{f_t} - f_t\right] \end{aligned} \tag{19}$$

Le (19) rappresentano le equazioni dinamiche che misurano la velocità con la quale si cambia modalità di trasporto, con velocità tanto maggiore quanto più β (assunto costante) è grande.

Model, BLM [22] for which the probability of choice of the road and rail mode are:

$$\begin{aligned} P_s^{t+1} &= \frac{\exp[-c_s^t]}{\exp[-c_s^t] + \exp\left[-c_f^t\right]} \\ P_f^{t+1} &= \frac{\exp\left[-c_f^t\right]}{\exp[-c_s^t] + \exp\left[-c_f^t\right]} = 1 - P_s^{t+1} \end{aligned} \tag{16}$$

Considering now, for example, the road option and indicating with $\overline{s_t}$ the share of y_{t+1} which would opt for the same modality if the totality of the choices is oriented towards the minimum cost modality, the P_s^{t+1} can be considered a good estimate of $\overline{s_t}$. For the two modes it turns out that:

$$\begin{aligned} \overline{s_t} &= P_s^{t+1} \\ \overline{f_t} &= P_f^{t+1} = 1 - P_s^{t+1} \end{aligned} \tag{17}$$

As anticipated the model hypothesises that, with a delay in the adaptation with respect to the choice of a new alternative with lower cost at moment t + 1, between t and t + 1 we have:

$$\begin{aligned} s_{t+1} - s_t &= \beta \cdot [\overline{s_t} - s_t] \\ f_{t+1} - f_t &= \beta \cdot \left[\overline{f_t} - f_t\right] \end{aligned} \tag{18}$$

and that therefore the result is

$$\begin{aligned} s_{t+1} &= s_t + \beta \cdot [\overline{s_t} - s_t] \\ f_{t+1} &= f_t + \beta \cdot \left[\overline{f_t} - f_t\right] \end{aligned} \tag{19}$$

The (19) represent the dynamic equations that measure the speed with which the transport mode is changed, with greater speed the more β (constant assumed) is large.

It is realistic to suppose at this point that c_s^t and c_f^t are functions of the relationship between the quantity transported and the capacity of the system, as often happens in the definition of transport cost functions. If we indicate with k_s^t and k_f^t the capacity of the road and rail system in terms of maximum transportable quantity in t, we have that:

$$\begin{aligned} c_s^t &= c_s^t\left(\frac{y_t \cdot s_t}{k_s^t}\right) \\ c_f^t &= c_f^t\left(\frac{y_t \cdot f_t}{k_f^t}\right) \end{aligned} \tag{20}$$

Assuming a second degree polynomial for c_s^t and c_f^t in $\frac{y_t \cdot s_t}{k_s^t}$ and $\frac{y_t \cdot f_t}{k_f^t}$ x, the aforementioned costs can be expressed with:

$$\begin{aligned} c_s^t &= \gamma_{0,s} + \gamma_{1,s} \cdot \left(\frac{y_t \cdot s_t}{k_s^t}\right) + \gamma_{2,s} \cdot \left(\frac{y_t \cdot s_t}{k_s^t}\right)^2 \\ c_f^t &= \gamma_{0,f} + \gamma_{1,f} \cdot \left(\frac{y_t \cdot f_t}{k_f^t}\right) + \gamma_{2,f} \cdot \left(\frac{y_t \cdot f_t}{k_f^t}\right)^2 \end{aligned} \tag{21}$$

If within a sequence of intervals the capacities k_s^t and k_f^t are constant, the cost functions (21) are simplified, resulting in:

È realistico supporre a questo punto che c_s^t e c_f^t siano funzioni del rapporto tra la quantità trasportata e la capacità del sistema, come sovente accade nella definizione delle funzioni di costo di trasporto. Se si indica con k_s^t e k_f^t la capacità del sistema stradale e ferroviario in termini di massimo quantitativo trasportabile in t, si ha che:

$$\begin{aligned} c_s^t &= c_s^t\left(\frac{y_t \cdot s_t}{k_s^t}\right) \\ c_f^t &= c_f^t\left(\frac{y_t \cdot f_t}{k_f^t}\right) \end{aligned} \tag{20}$$

Ipotizzando un polinomio di secondo grado per c_s^t e c_f^t in $\frac{y_t \cdot s_t}{k_s^t}$ e $\frac{y_t \cdot f_t}{k_f^t}$, i suddetti costi si possono esprimere con:

$$\begin{aligned} c_s^t &= \gamma_{0,s} + \gamma_{1,s} \cdot \left(\frac{y_t \cdot s_t}{k_s^t}\right) + \gamma_{2,s} \cdot \left(\frac{y_t \cdot s_t}{k_s^t}\right)^2 \\ c_f^t &= \gamma_{0,f} + \gamma_{1,f} \cdot \left(\frac{y_t \cdot f_t}{k_f^t}\right) + \gamma_{2,f} \cdot \left(\frac{y_t \cdot f_t}{k_f^t}\right)^2 \end{aligned} \tag{21}$$

Se all'interno di una sequenza di intervalli le capacità k_s^t e k_f^t sono costanti, le funzioni di costo (21) si semplificano, risultando:

$$\begin{aligned} c_s^t &= \gamma_{0,s} + \delta_{1,s} \cdot (y_t \cdot s_t) + \delta_{2,s} \cdot (y_t \cdot s_t)^2 \\ c_f^t &= \gamma_{0,f} + \delta_{1,f} \cdot (y_t \cdot f_t) + \delta_{2,f} \cdot (y_t \cdot f_t)^2 \end{aligned} \tag{22}$$

Le equazioni (22), o (21) in forma più generale, rappresentano le funzioni di costo dinamiche che mettono in relazione il valore del costo generalizzato dell'insieme di itinerari che al tempo t caratterizzano le alternative strada e ferrovia rispetto alle tonnellate trasportate (o al grado di saturazione). Ad esse si associano le equazioni (17) che, data la distribuzione dei costi e i relativi valori medi, consentono di calcolare una percentuale modale ideale, quella valida nell'ipotesi di adattamento senza ritardo ad un cambiamento di scelta. L'equazione (19), d'altra parte, consente di tenere in considerazione un ritardo nelle modifiche dei comportamenti di scelta, considerando che solo una frazione muti effettivamente la scelta.

L'applicazione in sequenza delle equazioni (22), (17) e (19) consente quindi di modellare l'evoluzione dello split modale sui vari intervalli t che compongono il periodo di analisi delle serie in esame. Occorre sottolineare che le suddette equazioni risultano espresse nei parametri incogniti β, $\gamma_{0,s}$, $\gamma_{0,f}$, $\delta_{1,s}$, $\delta_{1,f}$, $\delta_{2,s}$, $\delta_{2,f}$, che vanno stimati.

Tale stima può essere operata disponendo, per un certo intervallo T, dell'andamento delle serie storiche dei valori di split modale in ognuno dei sotto-intervalli omogenei t in cui T può essere suddiviso (es. per ogni anno t). Si ottengono in questo modo le percentuali s_t e f_t di y_t per ogni t di T. La stima dei parametri si ottiene valutando parametricamente la sequenza $\hat{s}_t$ di s_t (o $\hat{f}_t$ di f_t) ed imponendo che i valori siano il più vicini possibile a quelli della serie storica. Si assume come criterio di stima la minimizzazione della somma del quadrato degli scarti tra valori stimati e valori misurati.

$$\begin{aligned} c_s^t &= \gamma_{0,s} + \delta_{1,s} \cdot (y_t \cdot s_t) + \delta_{2,s} \cdot (y_t \cdot s_t)^2 \\ c_f^t &= \gamma_{0,f} + \delta_{1,f} \cdot (y_t \cdot f_t) + \delta_{2,f} \cdot (y_t \cdot f_t)^2 \end{aligned} \tag{22}$$

Equations (22), or (21) in a more general form, represent the dynamic cost functions that relate the value of the generalised cost of the set of routes that at time characterise the road and rail alternatives versus the tons transported (or the degree of saturation). They are associated with equations (17) which, given the distribution of costs and the relative average values, allow us to calculate an ideal modal percentage, the one valid in the hypothesis of adaptation without delay to a change of choice. The equation (19), on the other hand, allows taking into account a delay in the modification of the choice behaviour, considering that only a fraction actually changes choice.

The sequential application of equations (22), (17) and (19) therefore allows to model the evolution of the modal split on the various intervals that make up the analysis period of the series in question. It should be emphasised that the above equations are expressed in the unknown parameters β, $\gamma_{0,s}$, $\gamma_{0,f}$, $\delta_{1,s}$, $\delta_{1,f}$, $\delta_{2,s}$, and $\delta_{2,f}$, that must be estimated.

This estimate can be made, for a certain interval T, with the trend of the historical series of the modal split values available in each of the homogeneous sub-intervals in which T can be divided (e.g. for each year t). In this way the percentages s_t and f_t of y_t are obtained for each t of T. Parameter estimation is obtained by parametrically evaluating the sequence $\hat{s}_t$ of s_t (or $\hat{f}_t$ of f_t) and imposing that the values are as close as possible to those of the historic series. The estimation criterion is the minimisation of the sum of the square of the deviations between estimated values and measured values.

Therefore, the unknown parameters are obtained by minimising the function:

$$\begin{aligned} &\phi(\gamma_{0,s}, \gamma_{0,f}, \delta_{1,s}, \delta_{1,f}, \delta_{2,s}, \delta_{2,f}, \beta) = \\ &= \Sigma_t\left[s_t - \hat{s}_t(\gamma_{0,s}, \delta_{1,s}, \delta_{2,s}, \beta)\right]^2 + \left[f_t - \hat{f}_t(\gamma_{0,f}, \delta_{1,f}, \delta_{2,f}, \beta)\right]^2 \end{aligned} \tag{23}$$

Since it is not possible to work in a closed form with ϕ, the estimation of the parameters of (23) can be obtained with recursive heuristic optimisation techniques, starting from an initial parameter vector and proceeding by steps until reaching a stop criterion in the search for a better set of parameters that make ϕ minimum. In [7] the down-hill simplex method of Nelder and Mead is used [23], but alternative non-linear optimisation procedures can be used.

5. Estimate of the aggregate model parameters of the total tonnages

5.1. Estimate of the parameters of the long-term equilibrium model

In this work we consider an update of the database used in [1], to cover the whole period between 1990 and 2017. In detail, for freight traffic at the Brenner, the transported tonnage data reported by Alpinfo bulletins [24] for

Pertanto, i parametri incogniti si ottengono minimizzando la funzione:

$$\phi(\gamma_{0,s}, \gamma_{0,f}, \delta_{1,s}, \delta_{1,f}, \delta_{2,s}, \delta_{2,f}, \beta) = \\ = \sum_t [s_t - \hat{s}_t(\gamma_{0,s}, \delta_{1,s}, \delta_{2,s}, \beta)]^2 + [f_t - \hat{f}_t(\gamma_{0,f}, \delta_{1,f}, \delta_{2,f}, \beta)]^2 \quad (23)$$

Poiché non è possibile operare in forma chiusa con ϕ, la stima dei parametri della (23) può essere ottenuta con tecniche euristiche ricorsive di ottimizzazione, partendo da un vettore di parametri iniziale e procedendo per passi fino al raggiungimento di un criterio di stop nella ricerca di un miglior set di parametri che renda ϕ minima. In [7] si utilizza il metodo down-hill simplex di Nelder e Mead [23], ma possono essere utilizzate procedure alternative di ottimizzazione non lineare.

5. La stima dei parametri del modello aggregato dei tonnellaggi totali

5.1. La stima dei parametri del modello di equilibrio a lungo termine

In questo lavoro si considera un aggiornamento della base dati utilizzata in [1], per coprire l'intero periodo compreso tra il 1990 ed il 2017. Nel dettaglio, per il traffico merci al Brennero sono stati utilizzati i dati dei tonnellaggi trasportati riportati dai bollettini Alpinfo [24] per le annualità 1990-2014 (come in [1]). Rispetto a questa base dati, il recente report iMONITRAF! [25] ha esteso la serie Alpinfo [24] includendo il triennio 2015-2017. I dati sull'intero periodo 1990-2017, in Tabella 1 e con andamenti riportati in Fig. 1, considerano il totale trasportato al valico e la sua distinzione rispetto alle modalità di trasporto stradale e ferroviario. Sono state inoltre utilizzate le serie storiche aggiornate I.Stat [26] dei dati macroeconomici italiani delle seguenti variabili: PIL nominale; PIL a valori concatenati; PIL nominale pro-capite; PIL a valori concatenati pro-capite; Volume dell'import; Volume dell'export; Rapporto volume import/export; Produzione industriale; Indice di produzione industriale; Parco veicolare; Popolazione residente; Depositi bancari.

Per la stima del modello aggregato dei tonnellaggi totali è stato utilizzato il modello richiamato al § 3 che considera la seguente formulazione in funzione dei numeri indice base fissa:

$$\frac{(y)_t}{(y)_0} = e^{\alpha_o} \prod_i \left(\frac{(x_i)_t}{(x_i)_0} \right)^{\alpha_i} \quad (6)$$

con (y) che rappresenta i tonnellaggi totali (strada + ferrovia) transitati al Brennero per ogni annualità tra il 1990 e il 2017 (con $(y)_0$ valore di normalizzazione al 1990), $(x_1)_t$, ... , $(x_i)_t$, ... , $(x_n)_t$ costituite da n variabili macroeconomiche per ogni annualità tra il 1990 e il 2017 (con $(x_1)_0$ relativo valore di normalizzazione al 1990) e α_0, α_1, ... α_i, ..., α_n parametri del modello.

Prima della stima del modello ai minimi quadrati, per ottenere informazioni sulla stimabilità dello stesso nei li-

the years 1990-2014 (as in [1]) were used. Compared to this database, the recent iMONITRAF! Report [25] extended the Alpinfo series [24] to include the 2015-2017 three-year period. The data for the entire 1990-2017 period, in Table 1 and with trends shown in Fig. 1, consider the total transported at the pass and its distinction with respect to road and rail transport modes. The updated I.Stat historical series [26] of Italian macroeconomic data of the following variables were also used: Nominal GDP; GDP at

Tabella 1 – *Table 1*

Serie storica dei tonnellaggi totali e per modalità di trasporto tra il 1990 e il 2017 ([26] [27]).
Time series of total tonnages and modal disaggregation between 1990 and 2017 ([26] [27]).

Anno *Year*	Tonnellate (mio/anno) *Tons (million/year)*			Split modale *Modal split*	
	Totali *Total*	Strada *Road*	Ferrovia *Railroad*	Strada *Road*	Ferrovia *Railroad*
1990	19.1	13.60	5.50	71.2%	28.8%
1991	23.1	14.90	8.20	64.5%	35.5%
1992	24.7	16.50	8.20	66.8%	33.2%
1993	25.3	17.70	7.60	70.0%	30.0%
1994	25.9	17.60	8.30	68.0%	32.0%
1995	28.0	20.00	8.00	71.4%	28.6%
1996	26.9	19.00	7.90	70.6%	29.4%
1997	27.9	20.10	7.80	72.0%	28.0%
1998	31.1	22.50	8.60	72.3%	27.7%
1999	33.5	25.20	8.30	75.2%	24.8%
2000	34.1	25.40	8.70	74.5%	25.5%
2001	35.8	25.00	10.80	69.8%	30.2%
2002	36.3	25.80	10.50	71.1%	28.9%
2003	37.7	27.00	10.70	71.6%	28.4%
2004	41.2	31.10	10.10	75.5%	24.5%
2005	41.7	31.70	10.00	76.0%	24.0%
2006	44.9	33.30	11.60	74.2%	25.8%
2007	48.3	35.00	13.30	72.5%	27.5%
2008	47.8	33.80	14.00	70.7%	29.3%
2009	38.9	25.80	13.10	66.3%	33.7%
2010	41.9	27.50	14.40	65.6%	34.4%
2011	42.3	28.20	14.10	66.7%	33.3%
2012	40.7	29.50	11.20	72.5%	27.5%
2013	40.7	29.00	11.70	71.3%	28.7%
2014	42.1	30.20	11.90	71.7%	28.3%
2015	43.7	31.20	12.50	71.4%	28.6%
2016	46.9	33.50	13.40	71.4%	28.6%
2017	49.4	35.60	13.80	72.1%	27.9%

velli delle variabili ovvero nelle relative differenze, si è provveduto ad analizzare la stazionarietà di tutte le serie dei numeri indice sopra indicate verificando per esse la non esistenza di "radici unitarie". L'esecuzione del test Augmented Dickey-Fuller (ADF) su ciascuna delle serie ha evidenziato come l'ipotesi nulla di "radice unitaria" non sia rigettabile, per cui come era da attendersi le serie dei numeri indice base (t = 0) dei tonnellaggi e quelle delle variabili macroeconomiche risultano essere non stazionarie.

Tutte le serie indicizzate prese in esame risultano integrate di tipo 1 (I(1)), in quanto per ciascuna di esse l'ipotesi di esistenza di "radice unitaria" nel test ADF viene ampiamente rigettata utilizzando le differenze prime. Poiché la (6) è linearizzabile con trasformazione logaritmica, si è inoltre proceduto ad analizzare la stazionarietà delle serie dei numeri indice base (t = 0) trasformate logaritmicamente. Anche in questo caso l'esecuzione del test ADF su ciascuna delle serie trasformate ha evidenziato come l'ipotesi nulla di radice unitaria non sia rigettabile. Le serie trasformate sono stazionarie nelle differenze prime e pertanto, come per le serie originarie risultano essere I(1).

Per quanto già richiamato al precedente § 3, per poter effettuare una regressione nei livelli dei numeri indice, ovvero delle trasformazioni logaritmiche, con serie non stazionarie di tipo I(1), senza incorrere nei risultati falsati della regressione spuria, occorre che le stesse serie siano cointegrate. Come detto, ciò significa che esiste almeno una combinazione lineare delle stesse serie I(1) che risulta stazionaria (i.e. I(0)).

Analizzando le serie dei numeri indice mediante il test per la cointegrazione multivariata di JOHANSEN ([28], [29]), emerge una cointegrazione tra i numeri indice dei tonnellaggi totali e quelli del PIL nominale e della Produzione Industriale, come riportato nelle Tabelle 2 e 3 (output codice statistico EViews). Essendo le tre serie I(1) e cointegrate con almeno una relazione di equilibrio di lungo periodo, le stesse possono essere utilizzate nei livelli e nei logaritmi dei livelli per specificare e stimare un modello del tipo (8). Occorre a questo punto effettuare una considerazione sulla natura delle variabili esplicative prescelte, la Produzione Industriale ed il PIL nominale.

Nella modellazione dell'andamento della produzione di un sistema economico, si ricorre solitamente al PIL reale. Il PIL reale, infatti, tiene traccia del valore totale prodotto dal sistema economico utilizzando prezzi costanti rispetto ad un intervallo di

chained values; Per capita nominal GDP; GDP with chained values per capita; Import volume; Export volume; import/export Volume ratio; Industrial production; Industrial production index; Vehicle fleet; Resident population; Bank deposits.

The model referred to in § 3 was used to estimate the aggregate model of total tonnages, which considers the following formulation based on the fixed base index numbers:

$$\frac{(y)_t}{(y)_0} = e^{\alpha_o} \prod_i \left(\frac{(x_i)_t}{(x_i)_0} \right)^{\alpha_i} \qquad (6)$$

with (y) *which represents the total tonnages (road + rail) transited at the Brenner for each annuity between 1990 and 2017 (with* $(y)_0$ *normalisation value at 1990),* $(x_1)_t$, ... , $(x_i)_t$, ... , $(x_n)_t$ *consisting of n macroeconomic variables for each annuity between 1990 and 2017 (with* $(x_1)_0$ *relative value of normalisation at 1990) and* α_0, α_1, ... α_i, ..., α_n *model parameters.*

Before estimating the least squared model, in order to obtain information on the possible estimation of the same in the levels of the variables or in the relative differences, we analysed the stationarity of all the series of index numbers indicated above, verifying for them the non-existence of "unit roots". The execution of the Augmented Dickey-Fuller (ADF) test on each of the series showed that the null hypothesis of "unit root" cannot be rejected, so as expected the series of base index numbers (t = 0) of the tonnages and those macroeconomic variables are non-stationary.

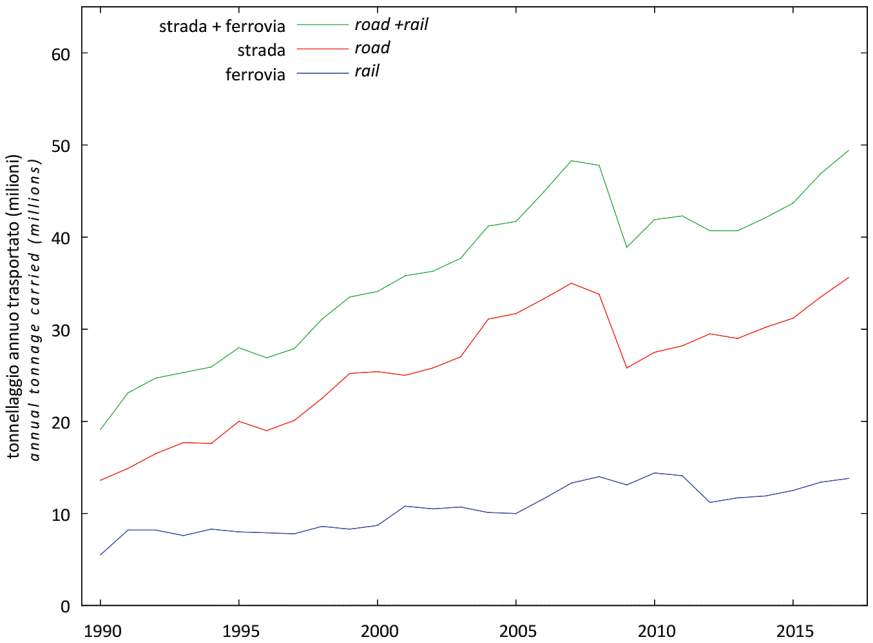


Fig. 1 - Andamento storico dei tonnellaggi totali e per modalità di trasporto tra il 1990 e il 2017.

Fig. 1 - Time series of total tonnages and modal disaggregation between 1990 and 2017.

riferimento ed isolando, pertanto, l'effetto delle variazioni di prezzo dovute a fenomeni di inflazione/deflazione. Il PIL nominale, invece, prende in considerazione le variazioni congiunte di quantità e prezzi in un determinato periodo di tempo per tracciare il valore totale prodotto in un'economia in un dato momento. Fermo restando quanto detto, in questo lavoro si è scelto il PIL nominale come variabile esplicativa al fine di considerare con esso l'effetto congiunto della variazione dei prezzi e delle quantità, rispetto alle sole quantità considerate dal PIL reale e qui colte mediante l'impiego della variabile Produzione Industriale.

Il modello moltiplicativo linearizzato dell'equazione (8) può essere quindi specificato rispetto alle serie dei numeri indice (base 1990) relativi a: tonnellaggi totali *TT* (variabile dipendente), PIL nominale *PIL* e Produzione Industriale *PI* (regressori) secondo la seguente equazione:

$$TT_t = \alpha_o + \alpha_1 \cdot (PIL)_t + \alpha_2 (PI)_t + \varepsilon_t \qquad (24)$$

L'andamento delle serie sopra richiamate è riportato in Fig. 2. Mediante l'esecuzione del test Cumulative Sum Control Chart (CUSUM) di Page [30] sul modello (24) si è verificata la stabilità nel tempo dei coefficienti del model-

All the indexed series examined are integrated type 1 (I(1)), as for each of them the hypothesis of the existence of "unit root" in the ADF test is largely rejected using the prime differences. Since (6) is linearized with logarithmic transformation, we also analysed the stationarity of the series of base index numbers () transformed logarithmically. Also in this case, the execution of the ADF test on each of the transformed series showed that the null hypothesis of unit root is cannot be rejected. The transformed series are stationary in the prime differences and therefore, as for the original series they appear to be I(1).

For what already mentioned in the previous § 3, in order to perform a regression in the levels of the index numbers, or logarithmic transformations, with non-stationary type I(1) series, without incurring in the false results of the spurious regression, it is necessary that the same series are cointegrated. As said, this means that there exists at least one linear combination of the same series I (1) which is stationary (i.e. I (0)).

Analysing the series of index numbers by means of the Johansen *multivariate cointegration test ([28], [29]), a cointegration emerges between the index numbers of the total tonnages and those of nominal GDP and Industrial Production, as reported in Tables 2 and 3 (output of EViews statistical code). Since the three series I(1) are cointegrated with at least one long-term equilibrium relationship, they can be used in levels and in logarithms of levels to specify and estimate a model of type (8). At this point it is necessary to make a consideration on the nature of the chosen explanatory variables, the Industrial Production and the nominal GDP.*

In the modelling of the production trend of an economic system, one usually resorts to real GDP. Actual GDP, in fact, keeps track of the total value produced by the economic system by using constant prices with respect to a reference interval and thus isolating the effect of price changes due to inflation/deflation phenomena. Nominal GDP, on the other hand, takes into account the combined variations of quantities and prices over a given period of time to track the total value produced in an economy at a given time. Without prejudice to what has been said, in this work nominal GDP was chosen as an explanatory variable in order to consider with it the combined effect of the change in prices and quantities, compared to the quantities considered by real GDP and taken here by using the variable Industrial Production.

Tabella 2 – *Table 2*

Verifica cointegrazione Numeri Indice base 1990.
Index Numbers (base year1990) Co-integration verification.
Sample: 1990 2017
Included observations: 27
Series: TT PIL PI (numeri indice base 1990 - *index numbers (base year 1990))*
Selected (0.05 level(*)) Number of Cointegrating Relations by Model

Data Trend:	**None**	**None**	**Linear**	**Linear**	**Quadratic**
Test Type	No Intercept No Trend	Intercept No Trend	Intercept No Trend	Intercept Trend	Intercept Trend
Trace	1	1	1	1	0
Max-Eig	1	1	1	1	0

(*) Critical values based on [27].

Tabella 3 – *Table 3*

Verifica cointegrazione Logaritmi naturali Numeri Indice base 1990.
Index Numbers (base year1990) Natural logarithms Co-integration verification.
Sample: 1990 2017
Included observations: 27
Series: TT PIL PI (logaritmi numeri indice base 1990 - *index numbers (base year 1990)) logarithms*
Selected (0.05 level(*)) Number of Cointegrating Relations by Model

Data Trend:	**None**	**None**	**Linear**	**Linear**	**Quadratic**
Test Type	No Intercept No Trend	Intercept No Trend	Intercept No Trend	Intercept Trend	Intercept Trend
Trace	1	1	1	1	1
Max-Eig	1	1	1	1	1

(*) Critical values based on [27].

lo, con assenza di break strutturali nei residui (Statistica test: Harvey-Collier t(24) = 0.200992 con p-value 0.8424).

Il modello è stato stimato utilizzando i minimi quadrati. Introducendo un termine AR(1) che consente di considerare una dinamica di aggiustamento dell'errore e di controllare la presenza di autocorrelazione positiva dei residui (risultando altrimenti presenti come indicato dal test Durbin-Watson, poiché DW =0.882<$d_{L(0.05)}$= 1.036) si è provveduto stimando con i minimi quadrati generalizzati FGLS (Feasible Generalized Least Squares) un modello con termine di errore che segue un processo autoregressivo del primo ordine. Il calcolo è stato effettuato utilizzando la procedura di Prais-Winsten [19].

In Tabella 4 sono riportati i risultati della stima del modello, con indicati i valori delle elasticità stimate per i numeri indice del PIL nominale e della PI, i risultati dei test per la significatività del modello e di ciascun attributo, alcune statistiche della regressione e il Variance Inflaction Factor (VIF) per la verifica della multicollinearità. Con multicollinearità si intende l'eventuale esistenza di alta, anche se non perfetta, correlazione tra i regressori e conseguente scarsa qualità, con elevata varianza, della stima dei coefficienti e impossibilità di eseguire una inferenza accurata sul modello [19].

I parametri stimati evidenziano come il tonnellaggio totale risulti elastico rispetto a *PIL* (α_1 = 1.0395 >1) e anelastico rispetto a *PI* (α_2 = 0.5348 < 1). Il segno ottenuto è positivo, coerentemente con le attese rispetto all'osservazione del fenomeno, ed i test evidenziano la piena significatività del modello e dei suoi attributi (vengono rigettate le ipotesi nulle che essi siano tutti insieme o isolatamente

The linearized multiplicative model of equation (8) can therefore be specified with respect to the series of index numbers (base 1990) relative to: total tonnages TT *(dependent variable), nominal GDP* GDP *and Industrial Production* IP *(regressors) according to the following equation:*

$$TT_t = \alpha_o + \alpha_1 \cdot (PIL)_t + \alpha_2 (IP)_t + \varepsilon_t \qquad (24)$$

The trend of the aforementioned series is shown in Fig. 2. Through the execution of the Cumulative Sum Control Chart (CUSUM) test of Page [30] on the model (24) the stability in time of the model coefficients was verified, with no structural break in the residuals (Test statistic: Harvey-Collier t (24) = 0.200992 with p-value 0.8424).

The model was estimated using the least squares. Introducing an AR(1) term that allows us to consider an error adjustment dynamic and to control the presence of positive autocorrelation of the residuals (resulting otherwise present as indicated by the Durbin-Watson test, since DW = 0.882<$d_{L(0.05)}$= 1.036) a model with an error term that follows an autoregressive first order process was estimated with generalised least squares FGLS (Feasible Generalised Least Squares). The calculation was performed using the Prais-Winsten procedure [19].

Table 4 shows the results of the model estimation, with the estimated elasticity values for the nominal GDP and IP index numbers, the test results for the significance of the model and each attribute, some regression statistics and the Variance Inflation Factor (VIF) for the verification of multicollinearity. By multicollinearity we mean the existence of a high, even if not perfect, correlation between the regressors and consequent poor quality, with high variance, of the estimation of the coefficients and inability to perform an accurate inference on the model [19].

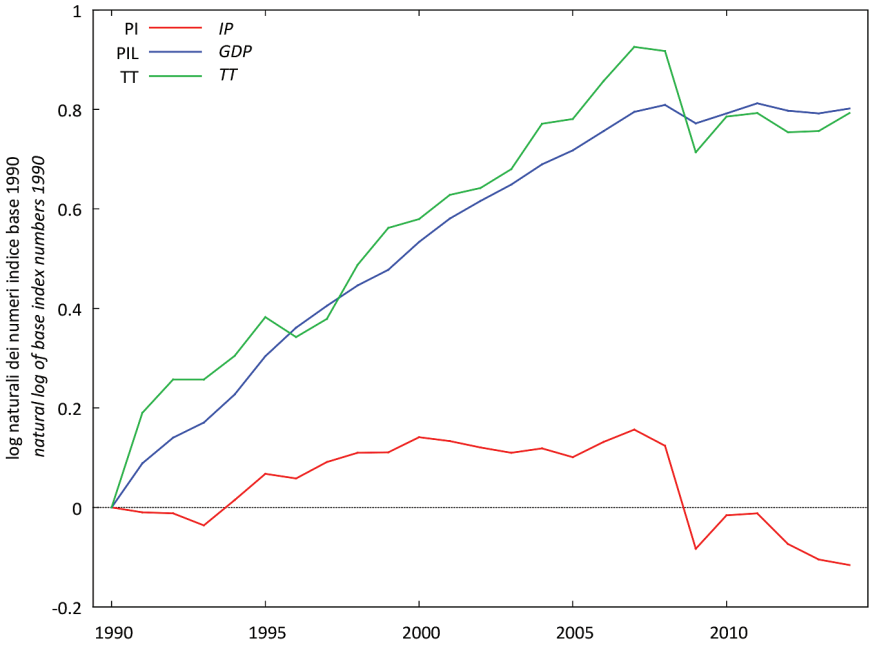


Fig. 2 - Serie storiche numeri indice base (1990) modello (28).
Fig. 2 - Time series of index numbers (base year 1990) of model (28).

The estimated parameters show that the total tonnage is elastic compared to GDP (α_1 = 1.0395>1) and inelastic compared to IP (α_2 = 0.5348 <1). The sign obtained is positive, consistently with the expectations regarding the observation of the phenomenon, and the tests show the full significance of the model and its attributes (the null hypotheses are rejected whether they are all together or in isolation equal to zero). The existence of residual autocorrelation was tested with the Breusch-Godfrey test, which does not reject the null hypothesis of non autocorrelation (Serial Correlation LM Test: LM = 2.5638 with p-value = P(Chi-square (1)> 2.5638) = 0.10939). The correlogram in Fig. 3a clarifies, in effect, the absence of autocorrelation. The Q-Q diagram of Fig. 3b shows the closeness to the normal distribution of the residuals (Shapiro-Wilk W test = 0.9744, with p-value 0.7026). Carrying out the White

Tabella 4 – *Table 4*

Risultati della stima del modello (24).
Results of model (24) estimation.
Modello (24): Prais-Winsten, usando le osservazioni 1990-2017 (T=28)
Variabile dipendente: TT - rho = 0.71756
Model (24): Prais-Winsten, using the 1990-2017 observations (T = 28)
Dependent variable: TT - rho = .71756

	Coefficiente ***Coefficient***	**Errore Std.** ***Std. Error***	**rapporto t** ***t ratio***	**p-value**	**VIF**
Costante *Constant*	0.0103	0.0545	0.1884	0.8521	
PIL *GDP*	1.0395	0.0854	12.1704	0.0000	1.016
PI *IP*	0.5348	0.1570	3.4068	0.0022	1.016

Statistiche basate sui dati rho-differenziati:
Statistics based on rho-differentiated data:

Media var. dipendente *Var. dependent average*	0.6156	SQM var. dipendente *SQM dependent var.*	0.2569
Somma quadr. Residui *residue Square sum*	0.0402	E.S. della regressione *S.E. of the regression*	0.0401
R-quadro non centrato *not centred R-square*	0.9777	R-quadro centrato *Centred R-square*	0.9760
F(2, 23)	34.8162	P-value(F)	5.94E-08
rho	0.2391	Durbin-Watson	1.5129

uguali a zero). L'esistenza di autocorrelazione residua è stata testata con il test Breusch-Godfrey, che non rigetta l'ipotesi nulla di non autocorrelazione (Serial Correlation LM Test: LM = 2.5638 con p-value = P(Chi-quadro(1) >2.5638) = 0.1093. Il correlogramma in Fig. 3a chiarisce, *test for heteroscedasticity, the null hypothesis of homoscedasticity is not rejected (Test statistic: LM = 5.9393 with p-value = P(Chi-square (5) > 5.9393) = 0.3122). For the multicollinearity analysis it is found that the VIF values are close to the unit, highlighting the absence of multicollinearity between the explanatory variables of the model.*

Ultimately, as a result of the procedure for estimating the parameters of the model, (28) is detailed in

$$\widehat{TT}_t = 0.0103 + 1.0395 \cdot (PIL)_t + 0.5348 \cdot (IP)_t \quad (25)$$

Fig. 4 shows the historical trend of the index numbers of the 1990 total base tonnages TT_t and that of the $\widehat{TT}_t$ relative values estimated by means of (25).

5.2. The estimation of model parameters with adjustment dynamics

As already highlighted, the variable partial adjustment model in [18] can be specified to solve the problem of future projections with indefinite growth over the long term generated by demand models expressed as that estimated in § 5.1.

Considering also in this case the series of index numbers (base 1990) of total tonnages TT *(dependent variable), of nominal GDP* GDP *and of Industrial Production* IP *(regressors) the model is expressed with the equation*

$$\frac{\Delta TT_t}{\tau_t} = \alpha'_o + \alpha'_1 \cdot (PIL)_t + \alpha'_2 \cdot (IP)_t - \theta \cdot TT_{t-1} + \frac{\varepsilon_t}{\tau_t} \quad (26)$$

with τ_t quality level of the transport system at time such that

$$\tau_t = (y^* - y_{t-1}) / y^* \quad (27)$$

where y^* are the annual tonnages at the capacity threshold and y_{t-1} are the annual tonnages transported per year $t-1$. Here a value of 58.4 million tons was assumed for the y^* capacity threshold.

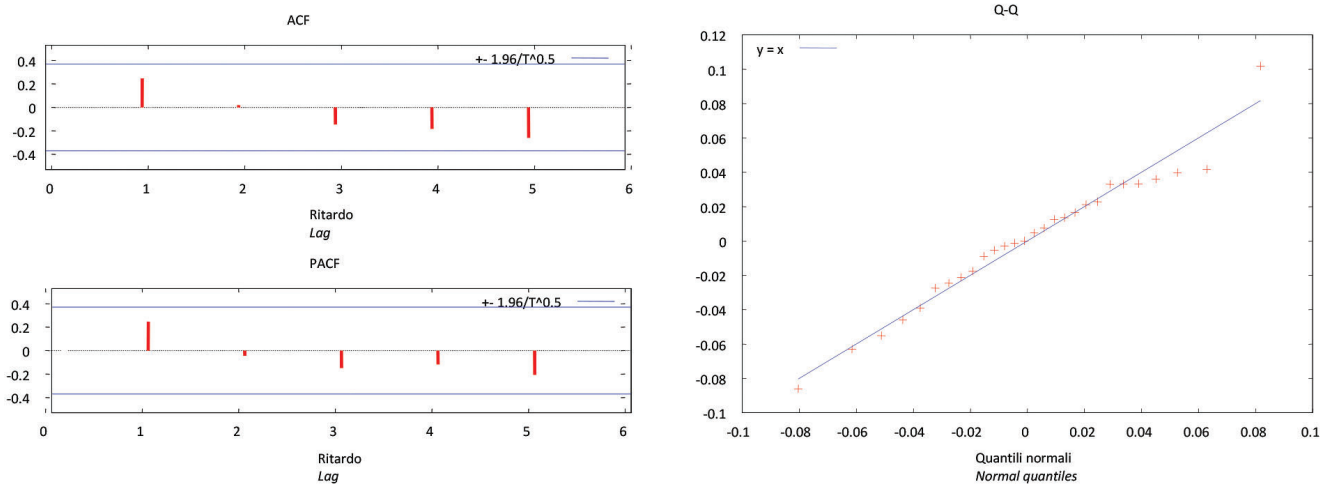


Fig. 3 - Modello (24) - (a) correlogramma dei residui; (b) Q-Q plot dei residui.
Fig. 3 - Model (24) - (a) correlogram of the residuals; (b) Q-Q residuals plot.

in effetti, l'assenza di autocorrelazione. Il diagramma Q-Q di Fig. 3b evidenzia la vicinanza alla distribuzione normale dei residui (test W di Shapiro-Wilk = 0.9744, con p-value 0.7026). Effettuando il test di White per l'eteroschedasticità, l'ipotesi nulla di omoschedasticità non viene rigettata (Statistica test: LM = 5.9393 con p-value = P(Chi-quadro(5) > 5.9393) = 0.3122). Per l'analisi di multicollinearità si riscontra come i valori dei VIF risultino prossimi all'unità, evidenziando l'assenza di multicollinearità tra le variabili esplicative del modello.

In definitiva, in esito alle procedure di stima dei parametri del modello, la (28) si particolarizza in

$$\widehat{TT}_t = 0.0103 + 1.0395 \cdot (PIL)_t + 0.5348 \cdot (PI)_t \quad (25)$$

In Fig. 4 si riporta l'andamento storico dei numeri indice dei tonnellaggi totali base 1990 TT_t e quello dei relativi valori stimati $\widehat{TT}_t$ mediante la (25).

5.2. La stima dei parametri del modello con dinamica di aggiustamento

Come già evidenziato, per risolvere il problema di proiezioni future a crescita indefinita nel lungo periodo generato dai modelli di domanda espressi come quello stimato al § 5.1, è possibile specificare il modello ad aggiustamento parziale variabile in [18].

Considerando anche in questo caso le serie dei numeri indice (base 1990) dei tonnellaggi totali *TT* (variabile

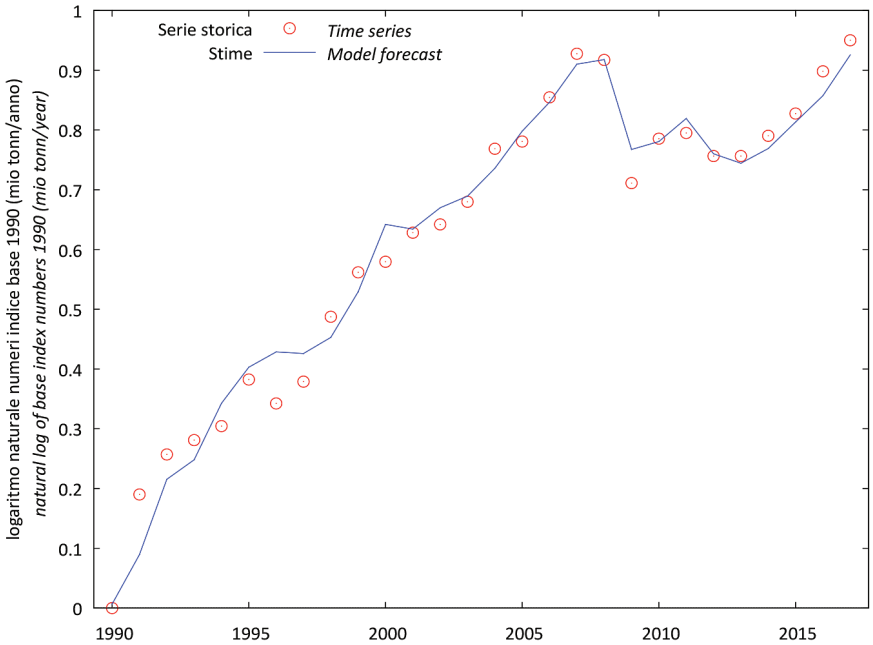


Fig. 4 - Andamento storico dei numeri indice base 1990 dei tonnellaggi totali TT_t e dei relativi valori stimati $\widehat{TT}_t$ secondo la (25).

Fig. 4 - Historical trend of the index numbers (base year 1990) of the total tonnages TT_t and $\widehat{TT}_t$ values estimated according to (25).

Fig. 5 shows the trends of the historical series of the model expressed by (26).

Also in this case a model with an error term that follows an autoregressive process of the first order was estimated, adding a term AR(1) to check the presence of autocorrelation of the residuals, using generalised least squares (FGLS). The calculation was performed using the Prais-Winsten *procedure [19]. Table 5 shows the results of the model estimate.*

The trend $\Delta TT_t/\tau_t$ allows observing a singular value at 2009, which behaves in a particular way compared to the normal pattern of the series. In effect, this is the value for the year in which the global economic crisis has manifested itself most intensely, with important repercussions on the entire European economy. To preserve the dynamics of the time series in the model taking into account also this value - and at the same time to solve problems of deviation of the residuals from the normality hypothesis - a special dummy variable has been introduced [31] placing M=1 for 2009, year in which the singularity point occurs.

The tests highlight the significance of the model and its attributes (rejecting the null hypotheses whether they are all together or in isolation equal to zero), with the exception of the intercept and IP *which is scarcely significant (p-value = 0.216). In this regard it should be noted that this situation may be linked to the limited variability of the series* IP *compared to the others. This produces a relatively high value of the standard error, which results in a low ratio t with an indication of low significance.*

The Breusch-Godfrey *test for residual autocorrelation highlights that the null hypothesis of non-autocorrelation (Serial Correlation LM Test: LM = 2.5107 with p-value = P(Chi-square(1)>2.5107) = 0.1131 can't be rejected.*

The correlogram in Fig. 6a clarifies, in effect, the absence of autocorrelation. The Q-Q diagram of Fig. 6b shows the closeness to the normal distribution of the obtained residuals (Shapiro-Wilk W test = 0.9675, with p-value = 0.5361). Carrying out the White test for heteroscedasticity, the null hypothesis of homoscedasticity is not rejected (Statistical test: LM = 11.50 with p-value = P (Chi-square (10)> 11.50) = 0.3195). The ARCH (Autoregressive Conditional Heteroscedasticity) test for the presence of dynamic changes in variance also leads to accept the hypothesis of the absence of conditional heteroscedasticity (LM = 0.0134 with p-value = P (Chi-square (1)> 0.0134) = 0.9077). Even with values of VIF> 10, the presence of a Condition Index (Ci) equal to

dipendente), del PIL nominale *PIL* e della Produzione Industriale *PI* (regressori) il modello si esprime con l'equazione

$$\frac{\Delta TT_t}{\tau_t} = \alpha'_o + \alpha'_1 \cdot (PIL)_t + \alpha'_2 \cdot (PI)_t - \theta \cdot TT_{t-1} + \frac{\varepsilon_t}{\tau_t} \quad (26)$$

con τ_t livello di qualità del sistema di trasporto al periodo t tale che

$$\tau_t = (y^* - y_{t-1})/\, y^* \quad (27)$$

dove y^* sono i tonnellaggi annui alla soglia di capacità e y_{t-1} sono i tonnellaggi annui trasportati all'anno $t - 1$. Qui per la soglia di capacità y^* è stato assunto un valore pari a 58.4 milioni di tonnellate.

In Fig. 5 sono riportati gli andamenti delle serie storiche del modello espresso dalla (26).

Anche in questo caso è stato stimato un modello con termine di errore che segue un processo autoregressivo del primo ordine, aggiungendo un termine AR(1) per controllare la presenza di autocorrelazione dei residui, utilizzando i minimi quadrati generalizzati (FGLS). Il calcolo è stato effettuato utilizzando la procedura di PRAIS-WINSTEN [19]. In Tabella 5 sono riportati i risultati della stima del modello.

L'andamento di $\Delta TT_t/\tau_t$ consente di osservare un valore singolare al 2009, che si comporta in maniera particolare rispetto al normale pattern della serie. Si tratta, in effetti, del valore relativo all'anno in cui si è manifestata in modo più intenso la crisi economica globale, con importanti ripercussioni sull'intera economia europea. Per preservare nel modello la dinamica della serie temporale tenendo conto anche di tale valore - e nello stesso tempo per risolvere problemi di deviazione dei residui dall'ipotesi di normalità - è stata introdotta una apposita variabile dummy [31] ponendo M=1 per il 2009, anno in cui si verifica il punto di singolarità.

I test evidenziano la significatività del modello e dei suoi attributi (rigettando le ipotesi nulle che essi siano tutti insieme o isolatamente uguali a zero), ad eccezione dell'intercetta e di *PI* che risulta essere scarsamente significativa (p-value = 0.216). A tal proposito occorre rilevare che tale situazione può essere legata alla limitata variabilità della serie rispetto alle altre. Ciò produce un valore relativamente alto dell'errore standard, che si traduce in un basso rapporto t con indicazione di bassa significatività.

Il test di BREUSCH-GODFREY per l'autocorrelazione residua evidenzia la non rigettabilità dell'ipotesi nulla di non autocorrelazione (Serial Correla-

13.2, lower than the thresholds that indicate a possible conditioning problem (Ci = 15) or a severe situation of multicollinearity (Ci = 30), highlights an acceptable level of correlation between the dependent variables, such as not to be considered critical in the inference on the model.

Ultimately, as a result of the model parameter estimation procedures, (26) becomes:

$$\frac{\widehat{\Delta TT_t}}{\tau_t} = 0.0679 + 1.8941 \cdot (PIL)_t + 0.6288 \cdot (IP)_t - 0.9031 \cdot M - 1.8111 \cdot (TT)_{t-1} \quad (28)$$

Recalling the shape of (26), from the coefficients of (28) we can also obtain the values of static elasticities $\alpha_1 = \alpha'_1/\theta = 1.0458$ and $\alpha_2 = \alpha'_2/\theta = 0.3472$, which are comparable to the estimates obtained for model (24) (equation (25)). Fig. 7a shows the historical trend o $\Delta TT_t/\tau_t$ and that of the relative values estimated $\widehat{\Delta TT_t}/\tau_t$ by means of (28), while Fig.7b shows the trend of $\widehat{TTt}$ obtainable in consideration of (28) together with the relative historical trend TT_t. Fig. 8 shows the temporal trends of the dynamic elasticity values β^* of TT_t with respect to $(GDP)_t$, $(IP)_t$ e $(TT)_{t-1}$.

6. Estimation of the road/rail modal split model

The unknown parameters of the modal split mode $\gamma_{0,s}$, $\gamma_{0,f}$, $\delta_{1,s}$, $\delta_{1,f}$, $\delta_{2,s}$, $\delta_{2,f}$, and β, as mentioned in the previous § 4, are obtained by minimising the sum of quadratic deviations between modal split percentages recorded on a historical basis and relative values estimated by the model through the function:

$$\phi(\gamma_{0,s}, \gamma_{0,f}, \delta_{1,s}, \delta_{1,f}, \delta_{2,s}, \delta_{2,f}, \beta) =$$

$$= \sum_t [s_t - \hat{s_t}(\gamma_{0,s}, \delta_{1,s}, \delta_{2,s}, \beta)]^2 + [f_t - \hat{f_t}(\gamma_{0,f}, \delta_{1,f}, \delta_{2,f}, \beta)]^2 \quad (23)$$

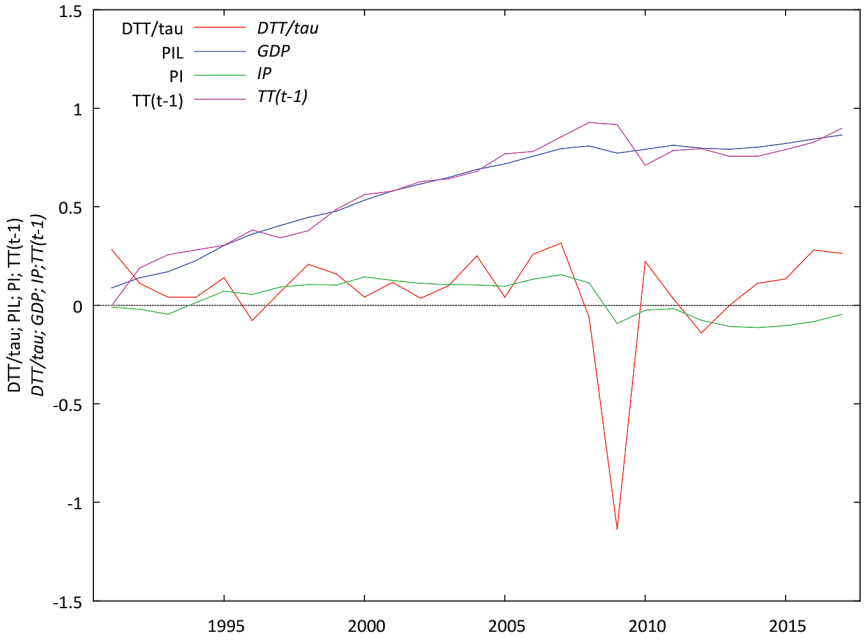


Fig. 5 - Serie storiche modello (26).
Fig. 5 - Model (26) time series.

Tabella 5 – *Table 5*

Risultati della stima del modello (26) con variabile dummy M.
Results of the model (26) estimate with M dummy variable.

Modello (26): Prais-Winsten, usando le osservazioni 1991-2017 (T = 27)
Variabile dipendente: ΔTT/τ - rho = 0.66795
Model (26): Prais-Winsten, using the observations 1991-2017 (T = 27)
Dependent variable: ΔTT /τ - rho = 0.66795

	Coefficiente ***Coefficient***	**Errore Std.** ***Std. Error***	**rapporto t** ***t ratio***	**p-value**	**VIF**
Costante *Constant*	0.0679	0.1286	0.5278	0.6029	
PIL *GDP*	1.8941	0.4988	3.7974	0.0010	27.3690
PI *IP*	0.6288	0.4937	1.2737	0.2161	1.1960
TT(t-1)	-1.8111	0.4329	-4.1836	0.0004	28.1910
M	-0.9031	0.1267	-7.1271	0.0000	1.5260

Statistiche basate sui dati rho-differenziati:
Statistics based on rho-differentiated data:

Media var. dipendente *Var. dependent average*	0.0683	SQM var. dipendente *SQM dependent var.*	0.2680
Somma quadr. Residui *Residuals Square sum*	0.2392	E.S. della regressione *S.E. of the regression*	0.1043
R-quadro non centrato *not centred R-square*	0.8720	R-quadro centrato *centred R-square*	0.8487
F(4, 20)	53.7438	P-value(F)	0.0000
rho	0.1530	Durbin-Watson	1.6550

tion LM Test: LM = 2.5107con p-value = P(Chi-quadro(1) >2.5107) = 0.1131.

Il correlogramma in Fig. 6a chiarisce, in effetti, l'assenza di autocorrelazione. Il diagramma Q-Q di Fig. 6b evidenzia la vicinanza alla distribuzione normale dei residui ottenuti (test W di Shapiro-Wilk = 0.9675, con p-value = 0.5361). Effettuando il test di White per l'eteroschedasticità, l'ipotesi nulla di omoschedasticità non viene rigettata (Statistica test: LM = 11.50 con p-value = P(Chi-quadro(10) >11.50) = 0.3195). Anche il test ARCH (Autoregressive Conditional Heteroscedasticity) per la presenza di cambiamenti dinamici nella varianza porta ad accettare l'ipotesi di assenza di eteroschedasticità condizionale (LM = 0.0134 con p-value = P(Chi-quadro(1) > 0.0134) = 0.9077). Pur con valori di VIF>10, la presenza di un Condition Index (Ci) pari a 13.2, inferiore alle soglie che indicano un possibile problema di condizionamento (Ci=15) ovvero di una severa situazione di multicollinearità (Ci=30), evidenza un li-

Excel Solver was used in this work to minimise the objective function. For the estimation of the parameters according to (23) the annual tonnages transported at the Brenner pass were used (ALPINFO data [24] and -iMONITRAF! [25]) divided by road and rail and for the years 1990-2017 (Table 1 and Fig. 1). The modal shares in Fig. 9 were obtained for each year with the series of tonnages for each modality.

Table 6 shows the values of the parameters obtained at the end of the optimisation procedure, which identify a minimum for the objective function ϕ equal to 0.03202. The mean error obtained on the modal split values estimated between 1990 and 2017 is 0.02%. Ultimately, as a result of the model parameter estimation procedures, the equations of the modal split dynamics become:

$$\begin{aligned} s_{t+1} &= s_t + 0.0327 \cdot [\bar{s_t} - s_t] \\ f_{t+1} &= f_t + 0.0327 \cdot [\bar{f_t} - f_t] \end{aligned} \qquad (29)$$

$$\begin{aligned} c_s^t &= 7.5167 - 0.1781 \cdot (y_t \cdot s_t) + 0.0187 \cdot (y_t \cdot s_t)^2 \\ c_f^t &= 0.6062 + 1.5451 \cdot (y_t \cdot f_t) + 0.0012 \cdot (y_t \cdot f_t)^2 \end{aligned} \qquad (30)$$

To assess the effective applicability of the BLM model (16), as proposed in [32] a correlation test was carried out between the series of standardised residuals with respect to the two alternatives. These series are obtained by considering the series of costs for each alternative that are obtained using the historical values of the modal dimensions and the relative trend identified by linear regression in equations (29) and (30). These sequences are in fact sequences of the residual costs assigned to the modal alternatives and, as a fundamental hypothesis for the applicability of the BLM model (16), they must be distributed independently [32]. The Pearson correlation coefficient obtained by considering the two series mentioned above is equal to 0.21, such that the null hypothesis of non-correlation may not be rejected with sufficient confidence (t(26) = 1.10823 with p-value 0.2779).

The tests carried out show that the two series are independently distributed, as can be seen from the graph in Fig. 10.

7. Analysis of forecast scenarios

Below are the estimates for two different system scenarios. The first scenario, called A, considers the evolution of the macroeconomic system alone, assuming the infrastructural system (road + railway) to remain unchanged with respect to the current one, on which the transport modes at the Brenner Pass are explained. The second scenario, called B, together with the hypothesis of evolution of the macroeconomic system used for scenario A, considers a hypothesis of infrastructural evolution linked to the presence of the new Brenner Base Tunnel and the quadrupling of the Brenner railway.

For both scenarios, applying the model with partial adjustment dynamics of § 5.2 and the modal split dynamics model of § 6, the total tonnages forecasts, of road/rail modal split shares are obtained and, therefore, of tonnages

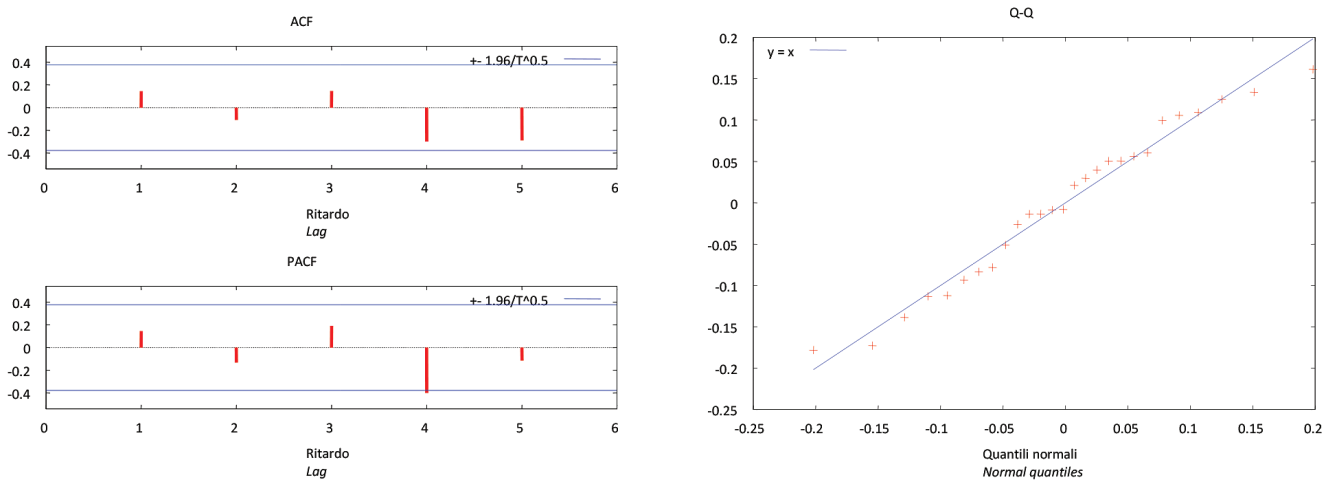


Fig. 6 - Modello (26) con variabile dummy M - (a) correlogramma dei residui; (b) Q-Q plot dei residui.
Fig. 6 - Model (26) with M dummy variable - (a) correlogram of the residuals; (b) Q-Q residuals plot.

vello accettabile di correlazione tra le variabili dipendenti, tale da non configurare criticità evidenti nell'inferenza sul modello.

In definitiva, in esito alle procedure di stima dei parametri del modello, la (26) diventa:

$$\frac{\widehat{\Delta TT_t}}{\tau_t} = 0.0679 + 1.8941 \cdot (PIL)_t + 0.6288 \cdot (PI)_t - 0.9031 \cdot M - 1.8111 \cdot (TT)_{t-1} \quad (28)$$

Richiamando la forma della (26), dai coefficienti della (28) si possono ricavare, inoltre, i valori delle elasticità statiche $\alpha_1 = \alpha'_1/\theta = 1.0458$ e $\alpha_2 = \alpha'_2/\theta = 0.3472$, i quali risultano confrontabili alle stime ottenute per il modello (24) (equazione (25)). In Fig. 7a si riporta l'andamento storico di $\Delta TT_t/\tau_t$ e quello dei relativi valori stimati $\Delta\widehat{TT}_t/\tau_t$

by mode of transport, in the period between 2018 and 2040.

7.1. Scenario A with macroeconomic evolution with unchanged infrastructures

As a first analysis, the total annual tons transported and the road/rail modal breakdown are evaluated based on the evolution of nominal GDP and Industrial Production from 2018 to 2040 specified as follows.

From 2018 to 2021 the nominal GDP evolution rates indicated in the 2018 DEF (economic and financial planning document) Update Note [33] (Table 7) were used.

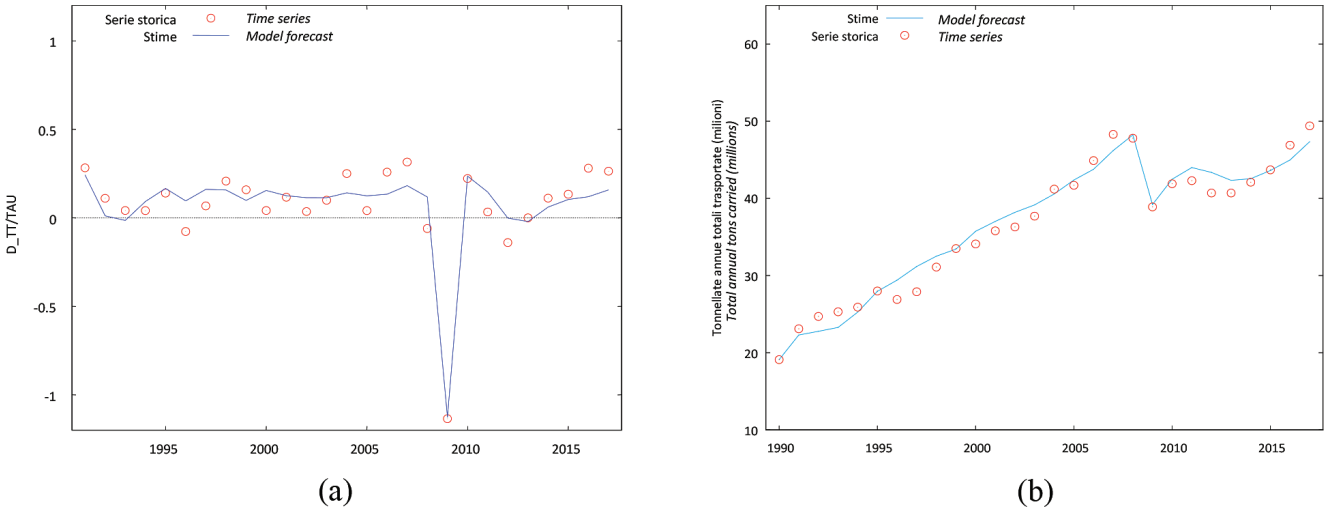


Fig. 7 - (a) Andamento storico di: $\Delta TT_t/\tau_t$ e relativi valori stimati di $\Delta\widehat{TT}_t/\tau_t$ mediante la (28) -TT_t e valori di stima $\widehat{TT}_t$ ottenibili considerando la (28) (b).
Fig. 7 - (a) Historical trend of: $\Delta TT_t/\tau_t$ and relative estimated values of $\Delta\widehat{TT}_t/\tau_t$ using (28) -TT_t and estimated values $\widehat{TT}_t$ obtainable considering (28) (b).

mediante la (28), mentre in Fig.7b si riportano l'andamento di $\widehat{TT}_t$ ottenibile in considerazione della (28) insieme al relativo andamento storico TT_t. In Fig. 8 si riportano gli andamenti temporali dei valori delle elasticità dinamiche β^* di TT_t rispetto a $(PIL)_t$, $(PI)_t$ e $(TT)_{t-1}$.

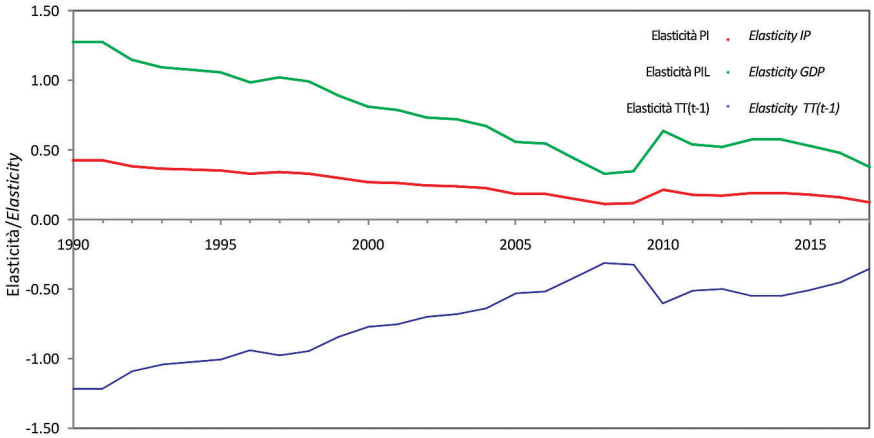


Fig. 8 - Andamento temporale dei valori delle elasticità di TT_t rispetto a $(PIL)_t$, $(PI)_t$ e $(TT)_{t-1}$.

Fig. 8 - Elasticity trend for TT_t with respect to $(GDP)t$, $(IP)_t$ and $(TT)_{t-1}$.

6. La stima del modello di split modale strada/ferrovia

I parametri incogniti del modello di split modale $\gamma_{0,s}$, $\gamma_{0,f}$, $\delta_{1,s}$, $\delta_{1,f}$, $\delta_{2,s}$, $\delta_{2,f}$, e β, come detto al precedente § 4, si ottengono minimizzando la somma degli scarti quadratici tra percentuali di split modale registrate su base storica e relativi valori stimati dal modello mediante la funzione:

$$\phi(\gamma_{0,s}, \gamma_{0,f}, \delta_{1,s}, \delta_{1,f}, \delta_{2,s}, \delta_{2,f}, \beta) = \\ = \sum_t [s_t - \hat{s}_t(\gamma_{0,s}, \delta_{1,s}, \delta_{2,s}, \beta)]^2 + [f_t - \hat{f}_t(\gamma_{0,f}, \delta_{1,f}, \delta_{2,f}, \beta)]^2 \quad (23)$$

Per la minimizzazione della funzione obiettivo in questo lavoro è stato utilizzato Excel Solver. Per la stima dei parametri secondo la (23) sono stati utilizzati i tonnellaggi annuali trasportati al valico del Brennero (dati Alpinfo [24] e- iMONITRAF! [25]) distinti per nelle modalità strada e ferrovia e relativi alle annualità 1990-2017 (Tabella 1 e Fig. 1). Con le serie dei tonnellaggi per ciascuna modalità, sono stati ricavati per ogni annualità le quote modali in Fig. 9.

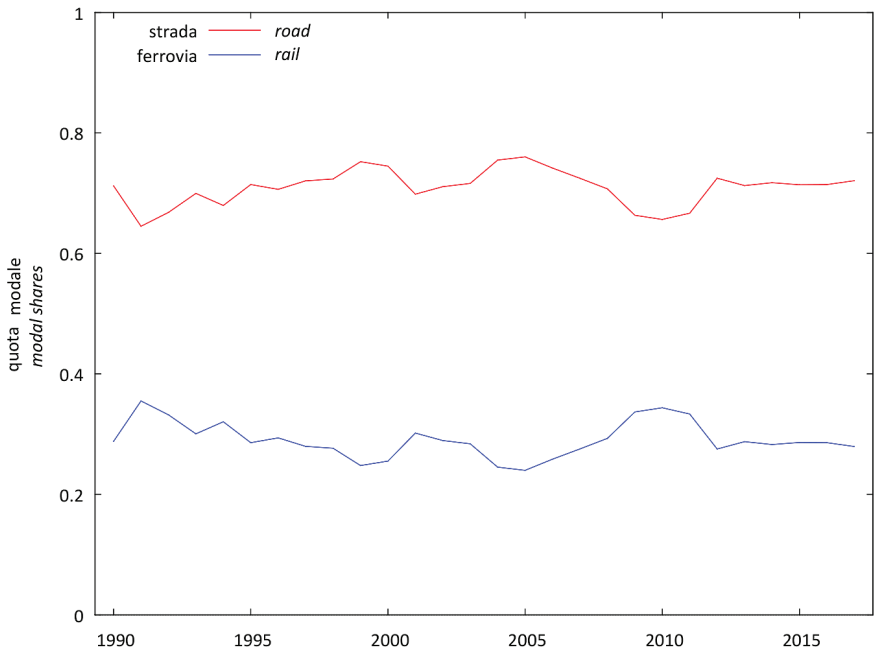


Fig. 9 - Serie storiche delle quote modali strada (s) e ferro (s) al valico del Brennero.

Fig. 9 - Time series of the road (s) and rail (s) modal shares at the Brenner pass.

Starting from 2022 and until 2030 the annual rate was evaluated considering 97% of the rate for the previous year. Conservatively from 2031 to 2040 the constancy of the 2030 GDP value was assumed. For Industrial Production, on the other hand, a uniform annual growth rate from 2018 to 2030 and a constant IP from 2031 to 2040 was considered.

Fig. 11 shows the trend of the total tonnages obtained with (28) using the historical values between 1990 and 2017 and the evolution hypotheses mentioned above from 2018 to 2040, with the total estimated capacity of the system equal to 58.4 million tons per year (for road 40.4 million tons per year and for rail 18 million tons per year). Fig. 11 also shows the trend of total tonnages obtained with (25), in the absence of the capacity constraint. Table 8 shows the forecast values from 2018 to 2040 of the total tonnages and the correct modal distributions by capacity threshold. Fig. 12 shows the forecast trend between 2018 and 2040 for the modal shares, obtained with (29) and (30).

The modal split dynamic model, as specified in § 6, does not contain capacity constraints on the two modes. In other words, the competition between road and rail is linked to generalised costs, expressed as a function of the quantities transported. This does not exclude, therefore, that in evolution a certain modality reaches shares, given the total forecast tonnage, such as to exceed its own capacity. To overcome this drawback, a heuristic correction on the output of the model consisting

Nella Tabella 6 sono riportati i valori dei parametri ottenuti al termine della procedura di ottimizzazione, che individuano un minimo per la funzione obiettivo ϕ pari a 0.03202. L'errore medio che si ottiene sui valori dello split modale stimati tra il 1990 ed il 2017 è pari allo 0.02%. In definitiva, in esito alle procedure di stima dei parametri del modello, le equazioni della dinamica dello split modale diventano:

$$s_{t+1} = s_t + 0.0327 \cdot [\overline{s_t} - s_t]$$
$$f_{t+1} = f_t + 0.0327 \cdot [\overline{f_t} - f_t] \quad (29)$$

$$c_s^t = 7.5167 - 0.1781 \cdot (y_t \cdot s_t) + 0.0187 \cdot (y_t \cdot s_t)^2$$
$$c_f^t = 0.6062 + 1.5451 \cdot (y_t \cdot f_t) + 0.0012 \cdot (y_t \cdot f_t)^2 \quad (30)$$

Per valutare l'effettiva applicabilità del modello BLM (16), come proposto in [32] è stato effettuato un test di correlazione tra le serie dei residui standardizzati rispetto alle due alternative. Tali serie sono ottenute considerando per ogni alternativa la serie dei costi che si ottengono utilizzando nelle equazioni (29) e (30) i valori storici delle quote modali e il relativo trend individuato mediante regressione lineare. Tali sequenze sono in effetti le sequenze dei residui dei costi assegnati alle alternative modali e, come ipotesi fondamentale per l'applicabilità del modello BLM (16), esse devono essere distribuite in maniera indipendente [32]. Il coefficiente di correlazione di Pearson che si ottiene considerando le due serie sopra richiamate è pari a 0.21, tale che l'ipotesi nulla di non correlazione possa non essere rigettata con sufficiente confidenza (t(26) = 1.10823 con p-value 0.2779).

I test effettuati evidenziano che le due serie sono indipendentemente distribuite, come peraltro si evince dal grafico in Fig. 10.

7. Analisi degli scenari previsionali

Di seguito si riportano le stime relative a due diversi scenari di sistema. Il primo scenario, denominato A, considera la sola evoluzione del sistema macroeconomico supponendo invariato rispetto all'attuale il sistema infrastrutturale (strada + ferrovia) sul quale si esplicano le modalità del trasporto al valico del Brennero. Il secondo scenario, denominato B, insieme all'ipotesi di evoluzione del sistema macroeconomico utilizzata per lo scenario A, considera un'ipotesi di evoluzione infrastrutturale legata alla presenza del nuovo Tunnel di Base

Tabella 6 – *Table 6*

Risultati della stima dei parametri del modello di split modale.
Parameters estimation of the modal split model.

Strada ferrovia ***Road Rail***	**Strada** ***Road***		**Ferrovia** ***Rail***			
β	$\gamma_{(0,s)}$	$\delta_{(1,s)}$	$\delta_{(2,s)}$	$\gamma_{(0,f)}$	$\delta_{(1,f)}$	$\delta_{(2,f)}$
0.0327	6.5167	-0.1781	0.0187	0.6062	1.5451	0.0012

of (29) and (30) was considered. In this way the surplus level of saturation that the model attributes to the saturated mode is reassigned to the non-saturated mode. To quantify the current capacity thresholds of road and rail transport at the Brenner Pass, reference was made, as previously reported, to the values of 40.4 and 18.0 million tons respectively.

The results relating to these assumptions are reported in Table 8 and shown in Figs. 12 and 13. From the analysis of these figures, as a result of the achievement of the capacity of the railway mode, it can be observed that there is a minimum increase of the share addressed on the road starting from 2030. This system is in fact still under-saturated and therefore capable of absorbing the new contributions deriving from the increase in total tonnage. More clearly, in the absence of correction for threshold values at 2040, the model estimates a road/rail distribution of 68%-32%; the introduction of the correction by effect of the capacity thresholds brings these values to 69%-31%, with a road system also at the saturation threshold at 2040.

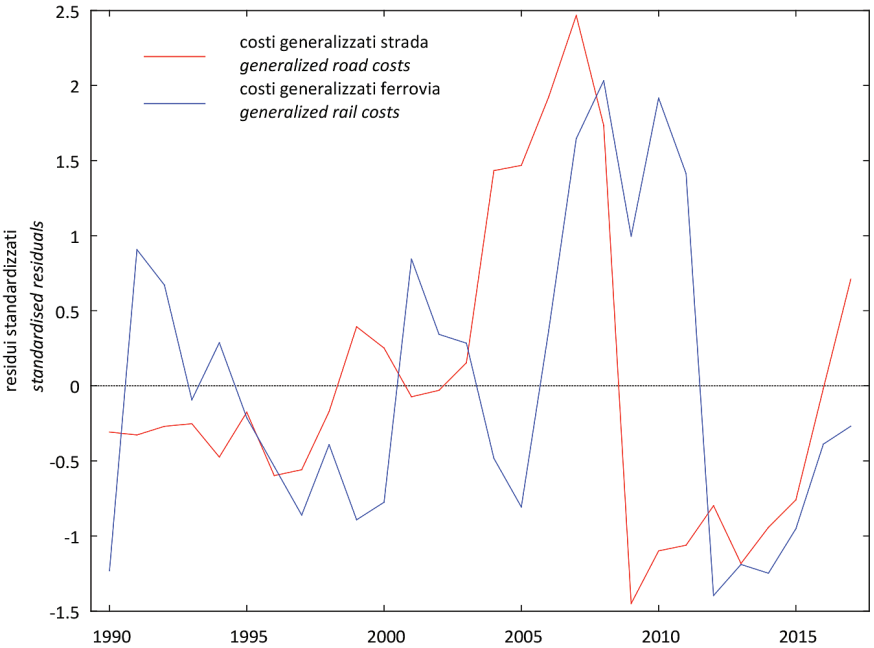


Fig. 10 - Sequenza dei residui standardizzati dei costi delle due alternative.
Fig. 10 - Standardised residual sequence of costs of the two alternatives.

Tabella 7 – *Table 7*

Definizione scenario macroeconomico - Ipotesi andamento PIL nominale e PI - variazioni anno su anno.
Definition of the macroeconomic scenario - Assumption of nominal GDP and IP trend - year-on-year variations.

Anno ***Year***	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**	**2023**	**2024**	**2025**	**2026**	**2027**	**2028**	**2029**	**2030**
Var % PIL Nom *Var % Nom GDP*	2.50%	2.70%	2.80%	2.60%	2.52%	2.45%	2.37%	2.30%	2.23%	2.17%	2.10%	2.04%	1.98%
Var % PI *Var % IP*	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%

del Brennero e del quadruplicamento della ferrovia del Brennero.

Per entrambi gli scenari, applicando il modello con dinamica di aggiustamento parziale del § 5.2 e il modello della dinamica dello split modale del § 6, si ottengono le previsioni dei tonnellaggi totali, delle quote di split modale strada/ferrovia e, quindi, dei tonnellaggi per modalità di trasporto, nel periodo compreso tra il 2018 ed il 2040.

7.1. Scenario A con evoluzione macroeconomica a infrastrutture invariate

Come prima analisi si valutano le tonnellate totali annue trasportate e la ripartizione modale strada/ferrovia in base alla evoluzione del PIL nominale e della Produzione Industriale dal 2018 al 2040 specificate come di seguito.

Dal 2018 al 2021 sono stati utilizzati i tassi di evoluzione del PIL nominale indicati nella Nota di Aggiornamento del DEF 2018 [33] (Tabella 7). A partire dal 2022 e fino al 2030 il tasso annuale è stato valutato considerando il 97% del tasso all'anno precedente. Conservativamente dal 2031 al 2040 si è assunta la costanza del valore del PIL 2030. Per la Produzione Industriale, invece, è stato considerato un tasso di evoluzione annua uniforme dal 2018 al 2030 e conservativamente dal 2031 al 2040 una PI costante.

In Fig. 11 si riporta l'andamento dei tonnellaggi totali ottenuto con la (28) utilizzando i valori storici tra il 1990 e il 2017 e le ipotesi di evoluzione sopra richiamate dal 2018 al 2040, con la capacità complessiva stimata del sistema pari a 58.4 milioni di tonnellate annue (per la strada 40.4 milioni di tonnellate annue e per la ferrovia 18 milioni di tonnellate annue).

7.2. Scenario B with macroeconomic and infrastructural evolution

Three time horizons are considered, short (2020), medium (2027) and long term (2035). These three horizons represent respectively: the phase preceding the conclusion of the works for the Brenner Base Tunnel and the relative access routes; the phase that follows the opening of the BBT in operation with double track, but not yet of the whole corridor (reconfiguration and partial upgrades on the access lines); the phase in which the infrastructure is in its final configuration (quadrupling of the Brenner railway), at a time distance from the opening of the last works sufficient to allow a first adjustment of the traffic to the new structure.

With regard to the medium and long-term developments in [1], three different assumptions of the operating pro-

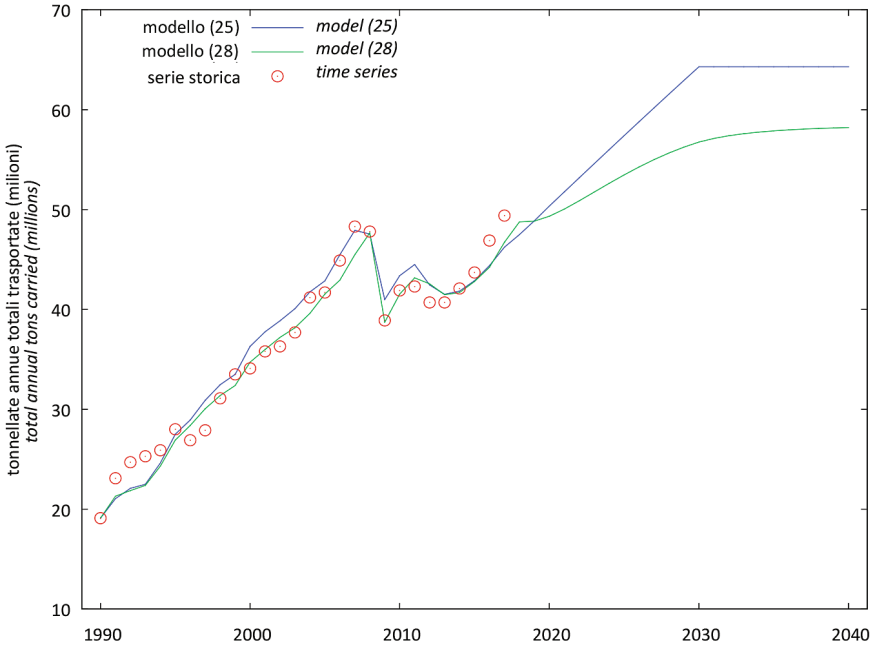


Fig. 11 - Confronto previsione modello equilibrio (25) e con dinamica di aggiustamento (28) su scenario A.
Fig. 11 - Comparison of the equilibrium model (25) forecast and with adjustment dynamics (28) on scenario A.

Nella stessa Fig. 11 viene riportato anche l'andamento dei tonnellaggi totali ottenuto con la (25), in assenza del vincolo di capacità. Nella Tabella 8 sono riportati i valori di previsione dal 2018 al 2040 dei tonnellaggi totali e delle distribuzioni modali corrette per soglia di capacità. La Fig. 12 mostra l'andamento previsionale tra il 2018 ed il 2040 per le quote modali, ottenuto con le (29) e le (30).

Il modello dinamico di split modale, per come specificato nel § 6, non contiene vincoli di capacità sulle due modalità. In altri termini la competizione tra strada e ferrovia è legata ai costi generalizzati, espressi come funzione delle quantità trasportate. Ciò non esclude, quindi, che nell'evoluzione una certa modalità raggiunga quote, stante il tonnellaggio totale di previsione, tali da superare la sua stessa capacità. Per ovviare a questo inconveniente è stata considerata una correzione euristica sull'output del modello costituito dalle (29) e (30). In questo modo si riassegna alla modalità non satura la quota in surplus di saturazione che il modello stesso attribuisce alla modalità satura. Per quantificare le attuali soglie di capacità del trasporto stradale e ferroviario al valico del Brennero si è fatto riferimento, come prima riportato, ai valori rispettivamente di 40.4 e di 18.0 milioni di tonnellate annue.

I risultati relativi a queste assunzioni sono riportati nella Tabella 8 e rappresentati nelle Figg. 12 e 13. Dall'analisi di queste figure si nota che, per effetto del raggiungimento della capacità della modalità ferrovia, a partire dal 2030 si assiste ad un minimo aumento della quota indirizzata sulla strada. Questo sistema è infatti ancora sotto-saturo e quindi capace di assorbire i nuovi apporti derivanti dall'incremento del tonnellaggio totale. Più chiaramente, in assenza di correzione per valori di soglia al 2040 il modello stima una distribuzione strada/ferrovia pari a 68%-32%; l'introduzione della correzione per effetto delle soglie di capacità porta tali valori a 69%-31%, con un sistema stradale anche esso alla soglia di saturazione al 2040.

7.2. Scenario B con evoluzione macroeconomica ed infrastrutturale

Si considerano tre orizzonti temporali, breve (2020), medio (2027) e lungo periodo (2035). Questi tre orizzonti rappresentano rispettivamente: la fase precedente alla conclusione dei lavori per la Galleria di Base del Brennero e delle relative tratte d'accesso; la fase che segue l'apertura del BBT in esercizio con doppio binario, ma non ancora di tutto il corridoio (riconfigurazioni e potenziamenti parziali sulle linee di accesso); la fase in cui l'infrastruttura si trova nella sua configurazione definitiva (quadruplicamento della ferrovia del Brennero), ad una distanza temporale dall'apertura delle ultime opere sufficiente per permettere un primo adeguamento dei traffici al nuovo assetto.

Per quanto riguarda le evoluzioni di medio e lungo periodo in [1] si ipotizzano tre diverse ipotesi di pro-

Tabella 8 – *Table 8*

Previsioni tonnellate trasportate e split modale 2018-2040 scenario A ad infrastrutture invariate rispetto all'attualità. *Transported tonnage and modal split forecasts scenario A with unchanged infrastructures with respect to current situation between 2018 and 2040.*

Anno *Year*	Tonnellate (mio/anno) *Tons (million/year)*			Split modale *Modal split*	
	Totali *Total*	Strada *Road*	Ferrovia *Rail*	Strada *Road*	Ferrovia *Rail*
2018	49.422	34.705	14.717	70.22%	29.78%
2019	49.833	34.968	14.865	70.17%	29.83%
2020	50.513	35.398	15.115	70.08%	29.92%
2021	51.323	35.884	15.439	69.92%	30.08%
2022	52.184	36.388	15.797	69.73%	30.27%
2023	53.048	36.884	16.165	69.53%	30.47%
2024	53.882	37.356	16.526	69.33%	30.67%
2025	54.664	37.794	16.871	69.14%	30.86%
2026	55.380	38.190	17.190	68.96%	31.04%
2027	56.018	38.540	17.478	68.80%	31.20%
2028	56.572	38.842	17.731	68.66%	31.34%
2029	57.040	39.093	17.947	68.54%	31.46%
2030	57.422	39.422	18.000	68.65%	31.35%
2031	57.686	39.686	18.000	68.80%	31.20%
2032	57.874	39.874	18.000	68.90%	31.10%
2033	58.010	40.010	18.000	68.97%	31.03%
2034	58.109	40.109	18.000	69.02%	30.98%
2035	58.182	40.182	18.000	69.06%	30.94%
2036	58.237	40.237	18.000	69.09%	30.91%
2037	58.277	40.277	18.000	69.11%	30.89%
2038	58.308	40.308	18.000	69.13%	30.87%
2039	58.330	40.330	18.000	69.14%	30.86%
2040	58.348	40.348	18.000	69.15%	30.85%

gramme are hypothesised which, on average, determine an increase in the capacity of the railway mode, characterised by an average factor of 1.75 and 2.4 respectively. If these multiplicative factors are applied directly to the current capacity of the railway and road transport capacity is maintained unchanged at 40.4 million tons per year, it is estimated that by 2027 a railway capacity of 31.5 million tons per year is brought to 43.2 million tons yearly by 2035. Ultimately, this configures an evolution of the overall capacity of the system that goes from the current 58.4 million tons to 71.9 in 2027 and therefore to 83.6 in 2035.

For the macroeconomic scenario, instead, the hypotheses considered in § 7.1 are maintained for the evolution of nominal GDP and Industrial production.

gramma di esercizio che determinano mediamente, rispetto al breve periodo, un aumento della capacità della modalità ferrovia caratterizzate da un fattore medio rispettivamente pari a 1.75 e 2.4. Se si applicano questi fattori moltiplicativi direttamente alla capacità attuale della ferrovia e si mantiene invariata la capacità di trasporto stradale a 40.4 milioni di tonnellate annue, si stima al 2027 una capacità ferroviaria pari a 31.5 milioni di tonnellate annue che viene portata a 43.2 milioni di tonnellate annue al 2035. In definitiva, ciò configura un'evoluzione della capacità complessiva del sistema che passa dalle attuali 58.4 milioni di tonnellate a 71.9 al 2027 e quindi a 83.6 al 2035.

Per lo scenario macroeconomico, invece, vengono mantenute le ipotesi considerate nel § 7.1 per la evoluzione del PIL nominale e della Produzione Industriale.

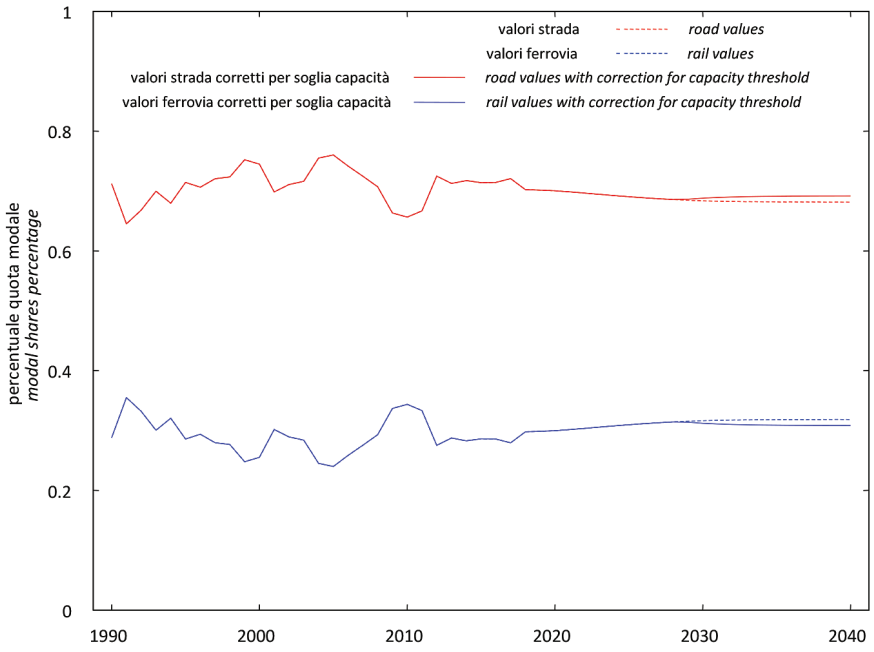


Fig. 12 - Previsioni split modale 2018-2040 con correzione per soglia capacità - scenario A.

Fig. 12 - 2018-2040 modal split forecasts with correction for capacity threshold - scenario A.

L'introduzione delle due nuove soglie di capacità complessiva del sistema di trasporto stradale + ferroviario, che si attestano su 71.9 milioni di tonnellate al 2027 e 83.6 milioni di tonnellate al 2035, rende necessario stimare nuovamente il modello (26). Procedendo come al § 5.2 si ottengono le stime dei parametri riportate nelle Tabelle 8 e 9, relative rispettivamente all'ipotesi di capacità pari a 71.9 milioni di tonnellate e 83.6 milioni di tonnellate, e le specificazioni della (26) nelle relative equazioni (31) e (32).

$$\left(\frac{\widehat{\Delta TT_t}}{\tau_t}\right)_{Y^*=71.9} = 0.0892 + 1.4188 \cdot (PIL)_t + 0.4801 \cdot (PI)_t - 0.4358 \cdot M - 1.4227 \cdot TT_{t-1} \quad (31)$$

$$\left(\frac{\widehat{\Delta TT_t}}{\tau_t}\right)_{Y^*=83.6} = 0.0926 + 1.2456 \cdot (PIL)_t + 0.4277 \cdot (PI)_t - 0.3204 \cdot M - 1.2731 \cdot TT_{t-1} \quad (32)$$

Il modello tarato considerando la capacità complessiva del sistema di a 71.9 milioni di tonnellate (Tabella 9 ed equazione (31)) presenta residui per i quali si accettano le ipotesi di non autocorrelazione (test di Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test: LM = 2.4435 con p-value = P(Chi-quadro(1) >2.4435) = 0.1180); normalità (test W di Shapiro-Wilk = 0.9651, con p-value 0.4785); omoschedasticità statica (test White Statistica test: LM = 5.5544 con p-value = P(Chi-quadro(10) >5.5544) = 0.8512) e dinamica (test per ARCH Statistica test: LM = 0.6391 con p-value = P(Chi-quadro(1) > 0.6391) = 0.4240); assenza di multicollinearità significativa (Condition Index (Ci) pari a 12.93 ed inferiore alle soglie che indicano un possibile problema di condizionamento (Ci=15) ovvero di una severa situazione di multicollinearità (Ci=30)).

Anche il modello che considera la capacità totale di 83.6 milioni di tonnellate (Tabella 10 ed equazione (32))

The introduction of the two new total capacity thresholds for the road + rail transport system, which stands at 71.9 million tons in 2027 and 83.6 million tons in 2035, makes it necessary to re-estimate the model (26). Proceeding as in § 5.2 the parameter estimates reported in Tables 8 and 9 are obtained, relating respectively to the capacity hypothesis of 71.9 million tons and 83.6 million tons, and the specifications of (26) in the relative equations (31) and (32).

$$\left(\frac{\widehat{\Delta TT_t}}{\tau_t}\right)_{Y^*=71.9} = 0.0892 + 1.4188 \cdot (PIL)_t + 0.4801 \cdot (IP)_t - 0.4358 \cdot M - 1.4227 \cdot TT_{t-1} \quad (31)$$

$$\left(\frac{\widehat{\Delta TT_t}}{\tau_t}\right)_{Y^*=83.6} = 0.0926 + 1.2456 \cdot (PIL)_t + 0.4277 \cdot (IP)_t - 0.3204 \cdot M - 1.2731 \cdot TT_{t-1} \quad (32)$$

The model calibrated considering the overall capacity of the system of 71.9 million tons (Table 9 and equation (31)) presents residuals for which the hypotheses of non-autocorrelation are accepted (Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test: LM = 2.4435 with p-value = P (Chi-square (1) > 2.4435) = 0.1180); normality (Shapiro-Wilk W test = 0.9651, with p-value 0.4785); static homoscedasticity (White test Statistics test: LM = 5.5544 with p-value = P (Chi-square (10) > 5.5544) = 0.8512) and dynamics (test for ARCH Statistical test: LM = 0.6391 with p-value = P (Chi - square (1) > 0.6391) = 0.4240); absence of significant multicollinearity (Condition Index (Ci) equal to 12.93 and lower than the thresholds that indicate a possible conditioning problem (Ci = 15) or of a severe situation of multicollinearity (Ci = 30)).

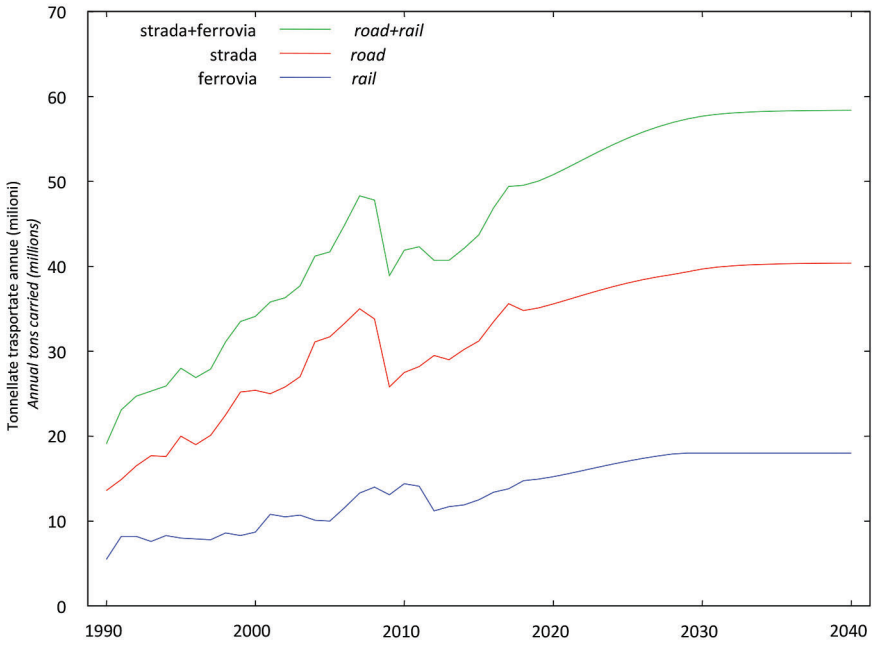


Fig. 13 - Previsioni tonnellate trasportate 2015-2040 scenario A ad infrastrutture invariate rispetto all'attualità (1990-2017 dati storici).

Fig. 13 - 2015-2040 Transported tonnage forecasts scenario A with unchanged infrastructure compared to current situation (1990-2017 historical data).

presenta residui per i possono accettarsi le ipotesi di non autocorrelazione (test di Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test: LM = 2.4659 con p-value = P(Chi-quadro(1) > 2.4659) = 0.1163), normalità (test W di Shapiro-Wilk = 0.9636, con p-value 0.4449), omoschedasticità statica (test White Statistica test: LM = 5.2086 con p-value = P(Chi-quadro(10) >5.2086) = 0.8768) e dinamica (test per ARCH Statistica test: LM = 0.6228 con p-value = P(Chi-quadro(1) > 0.6228) = 0.4300), e di accettabile correlazione tra le variabili dipendenti, tale da non configurare problematicità evidenti di multicollinearità nell'inferenza sul modello (Condition Index (Ci) pari a 12.765, anche in questo caso inferiore alle soglie di problematicità).

Come utile confronto, nella Tabella 11 sono mostrati i valori effettivi delle elasticità costanti $\alpha_1 = \alpha'_1/\theta$ e $\alpha_2 = \alpha'_2/\theta$, le quali appaiono non variare in maniera significativa al variare del tonnellaggio annuo massimo.

Considerando l'evoluzione delle variabili macroeconomiche riportata al § 7.1 e tenendo conto del modello dinamico ad aggiustamento parziale con variazione della capacità totale di trasporto rappresentato secondo la (28) fino al 2026, con la (31) dal 2027 al 2034 e con la (32) dal 2035 al 2040, si ottiene l'andamento dei tonnellaggi riportato in Fig. 14. Tale andamento è messo a confronto con le risposte del medesimo modello nell'ipotesi di infrastrutture invariate rispetto a oggi (scenario A cfr. Fig. 11). Come si evince dall'andamento della previsione, nel caso di aumento della capacità ferroviaria secondo i fattori sopra richiamati (e come riportato in dettaglio nella Tabella

Even the model that considers the total capacity of 83.6 million tons (Table 10 and equation (32)) presents residuals for which the hypotheses of non-autocorrelation can be accepted (Breusch-Godfrey test Serial Correlation LM Test: LM = 2.4659 with p- value = P (Chi-square (1) > 2.4659) = 0.1163), normality (Shapiro-Wilk W test = 0.9636, with p-value 0.4449), static homoscedasticity (White test Statistics test: LM = 5.2086 with p-value = P (Chi-square (10) > 5.2086) = 0.8768) and dynamic (test for ARCH Statistics test: LM = 0.6228 with p-value = P (Chi-square (1) > 0.6228) = 0.4300), and acceptable correlation between the dependent variables, such as not to show evident problems of multicollinearity in the inference on the model (Condition Index (Ci) equal to 12.765, also in this case lower than complexity thresholds).

As a useful comparison, Table 11 shows the actual values of the constant elasticities $\alpha_1 = \alpha'_1/\theta$ and $\alpha_2 = \alpha'_2/\theta$, which do not appear to vary significantly with changes in the maximum annual tonnage.

Considering the evolution of the macroeconomic variables reported in § 7.1 and taking into account the dynamic model with partial adjustment with variation of the total transport capacity represented according to (28) up to 2026, with (31) from 2027 to 2034 and with (32) from 2035 to 2040, the tonnage trend reported in Fig. 14 is obtained. This trend is compared with the results of the same model in the hypothesis of unchanged infrastructures compared to today (scenario A see Fig. 11). As can be seen from the forecast trend, in the case of an increase in railway capacity according to the factors mentioned above (and as detailed in Table 12), the estimated value of 63.818 million tons per year at 2040 never reaches the capacity threshold of 83.6.

Resuming the specification of the model reported in § 4, the way the generalised costs of the alternatives have been expressed, the variation of the capacity of a transport mode from the initial value k to a new value k' (such that $C = k'/k$) involves a variation in parameters δ_1 and δ_2, and , which become $\delta'_1 = \delta_1/C$ and $\delta'_2 = \delta_2/C$.

Considering that compared to 2020 (and therefore by assumption also compared to the current value) C is equal to 1.75 from 2027 to 2034 and equal to 2.4 from 2035 to 2040, the new forecasts shown in Fig. 15 are obtained.

Even if the road capacity threshold is kept constant and equal to the current 40.4 million tons per year, the redefinition of the capacity thresholds of the railway system which in the hypotheses considered above stand at 31.5 million tons per year by 2027 and 43.2 million tons per year by 2035, determines a reconfiguration of the modal split.

Tabella 9 – *Table 9*

Risultati della stima del modello (26) con variabile dummy M e capacità 71.9 mio tonnellate annue.
Results of the model estimate (26) with M dummy variable and 71.9 million tons per year capacity.
Modello (26) con capacità 71.9 mio ton: Prais-Winsten, usando le osservazioni 1991-2017 (T = 27)
Variabile dipendente: ΔTT/τ - rho = 0.665678
Model (26) with 71.9 million tons capacity: Prais-Winsten, using the observations 1991-2017 (T = 27)
Dependent variable: ΔTT /τ - rho = 0.665678

	Coefficiente *Coefficient*	**Errore Std.** *Std. Error*	**rapporto t** *t ratio*	**p-value**	**VIF**
Costante *Constant*	0.0892	0.0886	1.0067	0.3250	
PIL *GDP*	1.4188	0.3390	4.1849	0.0004	27.3690
PI *IP*	0.4801	0.3378	1.4213	0.1693	1.1960
TT(t-1)	-1.4227	0.2931	-4.8548	0.0001	28.1910
M	-0.4358	0.0859	-5.0707	0.0000	1.5260

Statistiche basate sui dati rho-differenziati:
Statistics based on rho-differentiated data:

Media var. dipendente *Var. dependent average*	0.0596	SQM var. dipendente *SQM dependent var.*	0.1591
Somma quadr. Residui *Residuals Square sum*	0.1101	E.S. della regressione *S.E. of the regression*	0.0707
R-quadro non centrato *not centred R-square*	0.8334	R-quadro centrato *centred R-square*	0.8031
F(4, 20)	40.1441	P-value(F)	0.0000
rho	0.1675	Durbin-Watson	1.6313

12), il valore stimato che al 2040 è pari a 63.818 milioni di tonnellate annue non raggiunge mai la soglia di capacità di 83.6.

Riprendendo la specificazione del modello riportato al § 4, per come sono stati espressi i costi generalizzati delle alternative, la variazione della capacità di una modalità di trasporto dal valore iniziale k ad un nuovo valore k' (tali che $C = k'/k$) comporta una variazione nei parametri δ_1 e δ_2, che diventano $\delta'_1 = \delta_1/C$ e $\delta'_2 = \delta_2/C$.

Considerando che rispetto al 2020 (e quindi per assunzione anche rispetto al valore attuale) C è pari a 1.75 dal 2027 al 2034 e pari a 2.4 dal 2035 al 2040, si ottengono le nuove previsioni riportate in Fig. 15.

Se anche la soglia di capacità stradale viene mantenuta costante e pari agli attuali 40.4 milioni di tonnellate annue, la ridefinizione delle soglie di capacità del sistema ferroviario che nelle ipotesi sopra considera si attestano su 31.5 milioni di tonnellate annue al 2027 e 43.2 milioni

Fig. 15 shows how, under the hypotheses considered, by 2040 a distribution of the tons transported between road and rail is reached with percentages respectively of 52%-48%.

Table 12 shows the forecast values from 2018 to 2040 of the tonnages and the modal distributions (trends Figs. 15 and 16). Fig. 16 shows the forecast trend of road and rail tonnages, which highlights how the expected tonnage values at 2040 stand at 33 million on the road and 31 million on the railway for a total of 64 million total tons per year.

8. Conclusions

The results obtained for scenario A (see § 7.1), which considers the evolution of the macroeconomic context only, assuming an invariance in the infrastructural system (and therefore assuming the invariance of the capacitive thresholds of the transport systems), indicate the full achievement

Tabella 10 – *Table 10*

Risultati della stima del modello (26) con variabile dummy M e capacità 83.6 mio tonnellate annue.
Results of the model estimate (26) with M dummy variable and 83.6 million tons per year capacity.
Modello (26) con capacità 83.6 mio ton: Prais-Winsten, usando le osservazioni 1990-2017 (T = 27)
Variabile dipendente: ΔTT/τ - rho = 0.670519
Model (26) with 83.6 million tons capacity: Prais-Winsten, using the 1990-2017 (T = 27) observations
Dependent variable: ΔTT /τ - rho = 0.670519

	Coefficiente *Coefficient*	**Errore Std.** *Std. Error*	**rapporto t** *t ratio*	**p-value**	**VIF**
Costante *Constant*	0.0926	0.0764	1.2124	0.2382	
PIL *GDP*	1.2456	0.2898	4.2986	0.0003	27.3690
PI *IP*	0.4277	0.2899	1.4753	0.1543	1.1960
TT(t-1)	-1.2731	0.2498	-5.0960	0.0000	28.1910
M	-0.3204	0.0734	-4.3678	0.0002	1.5260

Statistiche basate sui dati rho-differenziati:
Statistics based on rho-differentiated data:

Media var. dipendente *Var. dependent average*	0.0544	SQM var. dipendente *SQM dependent var.*	0.1303
Somma quadr. Residui *Residuals Square sum*	0.0802	E.S. della regressione *S.E. of the regression*	0.0604
R-quadro non centrato *not centred R-square*	0.8191	R-quadro centrato *centred R-square*	0.7862
F(4, 20)	36.4138	P-value(F)	0.0000
rho	0.1710	Durbin-Watson	1.6221

Tabella 11 – *Table 11*

Riepilogo dei valori stimati per le elasticità costanti (α'_i/θ) al variare della capacità di trasporto.

Summary of estimated values for constant elasticities (α'_i/θ) with variable transport capacity.

Parametro elasticità ***Elasticity parameter***	**Variabile dipendente** ***Dependant variable***	**Equazione modello** ***Model equation***	**Capacità totale (mio tonn/anno)** ***Total capacity (million tons/year)***	**Valore stimato** ***Estimated value***
α_1	PIL *GDP*	(28)	58.4	1.0458
α_2	PI *IP*	(28)	58.4	0.3472
α_1	PIL *GDP*	(31)	71.9	0.9972
α_2	PI *IP*	(31)	71.9	0.3374
α_1	PIL *GDP*	(32)	83.6	0.9784
α_2	PI *IP*	(32)	83.6	0.3360

di tonnellate annue al 2035, determina una riconfigurazione dello split modale.

La Fig. 15 evidenzia come, sotto le ipotesi considerate, al 2040 si raggiunga una ripartizione delle tonnellate trasportate tra strada e ferrovia con percentuali rispettivamente del 52%/48%.

Nella Tabella 12 sono riportati i valori di previsione dal 2018 al 2040 dei tonnellaggi e delle distribuzioni modali (andamenti Figg. 15 e 16). In Fig. 16 è riportato l'andamento previsionale dei tonnellaggi in strada e ferrovia, in cui si evidenzia come i valori dei tonnellaggi attesi al 2040 si attestino su 33 milioni su strada e 31 milioni su ferrovia per un totale di 64 milioni di tonnellate totali annue.

8. Conclusioni

I risultati ottenuti per lo scenario A (cfr. il § 7.1), che considera la sola evoluzione del contesto macroeconomico supponendo una invarianza nel sistema infrastrutturale (e quindi assumendo l'invarianza delle soglie capacitive dei sistemi di trasporto), segnalano il pieno raggiungimento dell'attuale capacità della modalità ferrovia al 2030. A tale orizzonte temporale, infatti, si prevedono 39.4 mi-

of the current capacity of the railway mode by 2030. In fact, over this timeframe, 39.4 million tons per year are expected on the road system and 18 million tons per year on the railway, for a total of 57.4 million tons a year transported overall. Road/rail modal distribution, which starts at 70%-30% expected in 2018, stands at 2030 at 69%-31%.

Starting from 2030 the achievement of the railway capacity threshold determines a minimum tendency to increase the road component. Since the latter system is still under-saturated, new contributions deriving from the increase in total tonnage can be addressed on it. Fig. 17 shows the trends of the year-on-year growth rates of the total tonnages and by modal component: note the increasing trend of the rates up to 2022 due to the assumed macroeconomic dynamics, then decreasing starting from 2023. An exception is the slight increase at 2030 in road transport, linked to the aforementioned railway congestion.

At 2035 the modal distribution shares stand at 69% for the road and 31% for the railway. They remain substantially

Fig. 14 - Previsione modello con dinamica di aggiustamento per scenario B e confronto con scenario A.

Fig. 14 - Model forecast with adjustment dynamics for scenario B and comparison with scenario A.

lioni di tonnellate annue sul sistema stradale e 18 milioni di tonnellate annue su ferrovia, per un totale di 57.4 milioni di tonnellate annue complessivamente trasportate. La distribuzione modale strada/ferrovia, che parte dal valore 70%-30% previsto al 2018, si attesta al 2030 su 69%-31%.

A partire dal 2030 il raggiungimento della soglia della capacità ferroviaria determina una minima tendenza all'aumento della componente stradale. Poiché quest'ultimo sistema risulta ancora sotto-saturo, su di esso possono essere indirizzati i nuovi apporti derivanti dall'incremento del tonnellaggio totale. In Fig. 17 sono riportati gli andamenti dei tassi di crescita anno su anno dei tonnellaggi totali e per componente modale: si nota l'andamento crescente dei tassi fino al 2022 per via delle ipotizzate dinamiche macroeconomiche, poi decrescente a partire dal 2023. Fa eccezione il lieve aumento al 2030 nel trasporto stradale, legato al già citato congestionamento della ferrovia.

Al 2035 le quote di distribuzione modale si attestano sul 69% per la strada e 31% per la ferrovia. Esse permangono sostanzialmente costanti fino al 2040. Al 2035 e al 2040 il totale previsto è pari rispettivamente a 58.1 e 58.3 milioni di tonnellate annue.

Nell'ipotesi di scenario A, quindi, si giunge al 2040 con un sistema ferroviario saturo e con un sistema stradale che con 40.35 milioni di tonnellate annue è anche esso alla soglia di saturazione. In Fig. 18 è riportato l'andamento delle riserve di capacità, che evidenzia la sostanziale saturazione del valico nel lungo periodo (2035-2040).

Prendendo in esame i risultati dello scenario B (cfr. il § 7.2), la Fig. 19 mostra come al 2027 l'entrata in esercizio del BBT con doppio binario (ma con riconfigurazioni e potenziamenti solo parziali sulle linee di accesso che non consentono la piena funzionalità di tutto il corridoio), determini un aumento della capacità residua del sistema ferroviario, e di conseguenza di tutto il valico del Brennero. Sempre in Fig. 19 è evidente l'ulteriore incremento di capacità del sistema al 2035 con l'infrastruttura che si trova ormai nella sua configurazione definitiva.

Questi aumenti nella capacità dei tonnellaggi totali condizionano le previsioni di evoluzione degli stessi ottenute con il modello ad aggiustamento dinamico parziale, con un aumento dei totali annuali previsti rispetto allo scenario A variabile tra il +2% al 2027 e il +7.5% al 2034 e tra il +8.2% al 2035 fino al +9.4% al 2040.

Contrariamente a quanto rilevato nello scenario A, per cui al 2027 il sistema ferroviario si presenta vicino alla saturazione e tale da determinare minimi rialzi progressivi nella sola quota modale su strada, nello scenario B il modello di split modale evidenzia un aumento della quota modale su ferrovia a scapito di quella stradale, governato dall'ipotizzato aumento della capacità ferroviaria. Tenendo conto del ritardo della dinamica di adattamento modale, al 2028 la quota su ferro-

Tabella 12 – *Table 12*

Previsioni tonnellate trasportate e split modale 2018-2040 scenario B evoluzione infrastrutturale.
Transported tonnage and modal split forecasts for scenario B with infrastructure evolution between 2018 and 2040.

Anno *Year*	**Tonnellate (mio/anno)** *Tons (million/year)*			**Split modale** *Modal split*	
	Totali *Total*	**Strada** *Road*	**Ferrovia** *Rail*	**Strada** *Road*	**Ferrovia** *Rail*
2018	49.422	34.705	14.717	70.22%	29.78%
2019	49.833	34.968	14.865	70.17%	29.83%
2020	50.513	35.398	15.115	70.08%	29.92%
2021	51.323	35.884	15.439	69.92%	30.08%
2022	52.184	36.388	15.797	69.73%	30.27%
2023	53.048	36.884	16.165	69.53%	30.47%
2024	53.882	37.356	16.526	69.33%	30.67%
2025	54.664	37.794	16.871	69.14%	30.86%
2026	55.380	38.190	17.190	68.96%	31.04%
2027	57.108	39.290	17.818	68.80%	31.20%
2028	58.285	38.789	19.496	66.55%	33.45%
2029	59.396	38.237	21.160	64.38%	35.62%
2030	60.455	37.647	22.808	62.27%	37.73%
2031	61.195	36.874	24.322	60.26%	39.74%
2032	61.736	36.095	25.642	58.47%	41.53%
2033	62.145	35.816	26.329	57.63%	42.37%
2034	62.459	35.967	26.492	57.59%	42.41%
2035	62.947	36.206	26.741	57.52%	42.48%
2036	63.271	35.206	28.065	55.64%	44.36%
2037	63.491	34.201	29.290	53.87%	46.13%
2038	63.642	33.340	30.302	52.39%	47.61%
2039	63.746	32.971	30.775	51.72%	48.28%
2040	63.818	32.952	30.867	51.63%	48.37%

constant until 2040. By 2035 and 2040, the total expected is 58.1 million and 58.3 million tons per year respectively.

In scenario A, therefore, we reach 2040 with a saturated railway system and with a road system that with 40.35 million tons a year is also at the saturation threshold. Fig. 18 shows the trend of capacity reserves, which shows the substantial saturation of the pass in the long term (2035-2040).

Taking into consideration the results of scenario B (see § 7.2), Fig. 19 shows how at 2027 the entry into operation of the BBT with double track (but with reconfigurations and only partial upgrades on the access lines that do not allow the full functionality of the entire corridor), determines an increase in the remaining capacity of the railway sys-

Fig. 15 - Previsioni split modale 2018-2040 scenario B.
Fig. 15 - 2018-2040 scenario B modal split forecast.

via guadagna due punti percentuali rispetto all'anno precedente. Tale aumento vale circa il 9% di incremento nei tonnellaggi trasportati su ferro rispetto all'anno precedente, con una variazione del 10% rispetto allo scenario A. Dualmente, al 2028 si assiste ad una riduzione dell'1% dei tonnellaggi annui stradali, che risultano invariati rispetto allo scenario A.

Questa tendenza permane nello scenario B anche negli anni seguenti, con una dinamica smorzata nella crescita anno su anno della componente ferroviaria (dal +2% al 2028 al +0.1% al 2034 nella distribuzione modale e mediamente del +5.8% tra il 2028 ed il 2034 per i tonnellaggi) e nella conseguente riduzione di quella stradale (dal -2% al 2028 al -0.1% al 2034 nella distribuzione modale e mediamente del -1.25% tra il 2028 ed il 2034 per i tonnellaggi). Al 2034, in definitiva, nello scenario B si prevedono tonnellaggi su ferrovia maggiori del 47% e tonnellaggi su strada inferiori del 7.5% rispetto allo scenario A.

Al 2035 la piena funzionalità del corridoio attiva un incremento nei tonnellaggi totali, che il ritardo nella dinamica del modello di split traduce nell'anno successivo in un reindirizzamento modale a favore

tem, and consequently of the entire Brenner pass. Also in Fig. 19 the further increase in system capacity at 2035 is evident with the infrastructure that is now in its final configuration.

These increases in the total tonnage capacity affect the evolution forecasts of the same obtained with the partial dynamic adjustment model, with an increase in the estimated annual totals compared to scenario A variable between +2% in 2027 and +7.5% in 2034 and between +8.2% in 2035 up to +9.4% in 2040.

Contrary to what was observed in scenario A, whereby in 2027 the railway system is close to saturation and such as to determine minimum progressive rises only in the modal share on the road, in scenario B the modal split model shows an increase in the modal share on rail at the expense of road traffic, governed by the assumed increase in railway capacity. Taking into account the delay in modal adaptation dynamics, by 2028 the share on the railroad gains two percentage points compared to the previous year. This increase is worth about 9% of the increase in tonnages transported by rail compared to the previous year, with a variation of 10% compared to scenario A. By 2028, there is a 1%

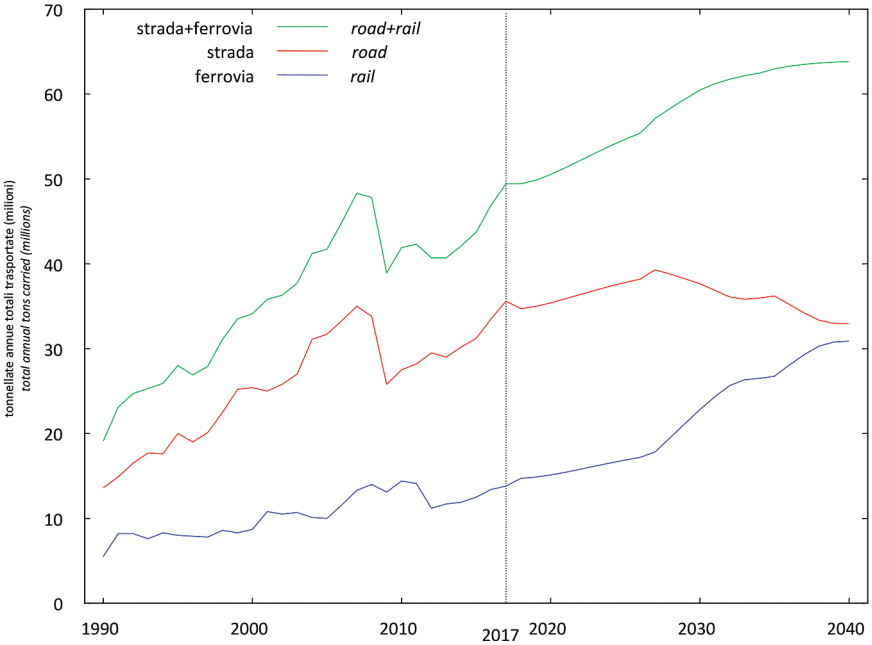


Fig. 16 - Previsioni tonnellate trasportate 2018-2040 scenario B con evoluzione infrastrutture (1990-2017 dati storici).
Fig. 16 - Forecasts of tons transported 2018-2040 scenario B with infrastructure evolution (1990-2017 historical data).

della ferrovia. Al 2036 la quota su ferrovia guadagna due punti percentuali rispetto all'anno precedente. Tale aumento vale circa il 5% di incremento nei tonnellaggi trasportati su ferro rispetto all'anno precedente, con una variazione del 56% rispetto allo scenario A. Dualmente al 2036 si assiste ad una riduzione dell'2% dei tonnellaggi annui stradali, in riduzione del 13% rispetto allo scenario A. Anche in questo caso la tendenza permane negli anni seguenti, con una dinamica smorzata nella crescita anno su anno della componente ferroviaria (dal +2% al 2036 al +0.1% al 2040 nella distribuzione modale e mediamente del +2.9% per i tonnellaggi) e nella conseguente riduzione di quella stradale (dal -2% al 2036 al -0.1% al 2040 nella distribuzione modale e mediamente del -1.8% per i tonnellaggi). Al 2040, in definitiva, nello scenario B si prevedono tonnellaggi su ferrovia maggiori del 71% e tonnellaggi su strada inferiori del 18.3% rispetto allo scenario A.

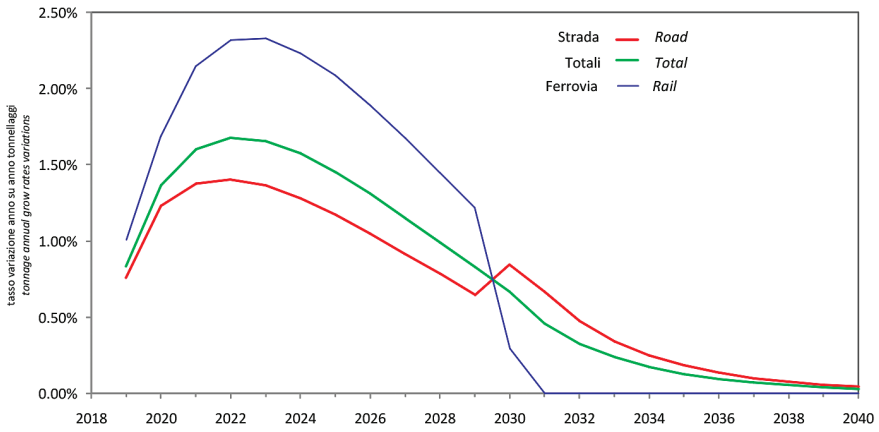


Fig. 17 - Andamento previsionale dei tassi di crescita anno su anno dei tonnellaggi annuali trasportati.

Fig. 17 - Forecast for annual growth rates of transported tonnages.

Risulta a questo punto utile produrre alcuni confronti rispetto ai risultati dei precedenti studi, in merito ai tonnellaggi totali ed alla ripartizione modale.

Il confronto tra le previsioni di evoluzione dei tonnellaggi totali ottenute nei § precedenti e le stime in [1] operate sulla base delle curve logistiche dei tonnellaggi mette in evidenza scostamenti temporalmente crescenti, differenziati per i due scenari qui considerati. Prima di valutare numericamente l'entità di tali scostamenti, occorre puntualizzare come essi siano di fatto attribuibili ad una molteplicità di fattori che riguardano sia la diversa struttura dei modelli considerati, sia la differente base dati utilizzata per la calibrazione dei parametri.

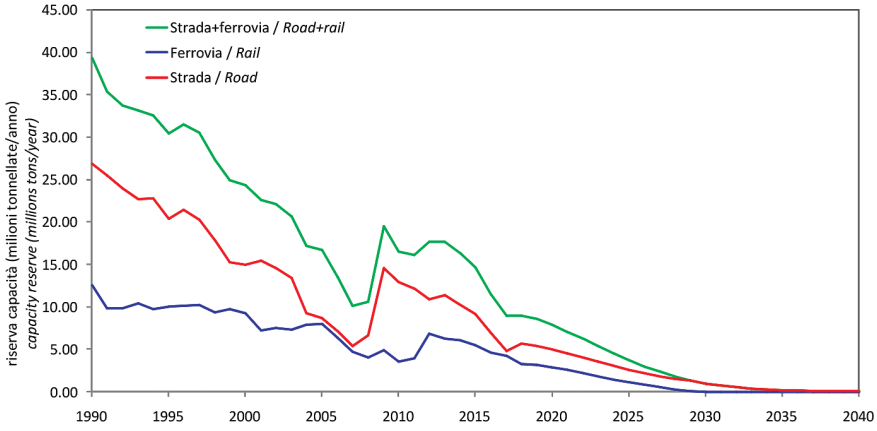


Fig. 18 - Andamento della capacità residua nello scenario A.

Fig. 18 - Trend of the capacity reserve in scenario A.

reduction in annual road tonnages, which are unchanged compared to scenario A.

This trend continues in scenario B even in the following years, with a damped dynamic in the year-over-year growth of the railway component (from +2% in 2028 to +0.1% in 2034 in the modal distribution and on average of +5.8% between 2028 and 2034 for the tonnages) and the consequent reduction of the street one (from -2% in 2028 to -0.1% in 2034 in the modal distribution and on average of -1.25% between 2028 and 2034 for the tonnages). In 2034, ultimately, scenario B envisages tonnages on the railway higher than 47% and road tonnages lower by 7.5% compared to scenario A.

In 2035 the full functionality of the corridor activates an increase in the total tonnages, which the delay in the dynamics of the split model translates in the following year into a modal redirection in favour of the railway. By 2036 the share on the railroad gains two percentage points compared to the previous year. This increase is worth approximately 5% of the increase in tonnages transported by rail compared to the previous year, with a variation of 56% compared to scenario A. By 2036 there is a reduction of 2% in annual road tonnage, down by 13% compared to scenario A. Also in this case the trend persists in the following years, with a damped dynamic in the year-over-year growth of the railway component (from +2% in 2036 to +0.1% in 2040 in the modal and average distribution of +2.9% for the tonnages) and the consequent reduction of the road one (from -2% in 2036 to -0.1% in 2040 in the modal distribution and on average of -1.8% for the tonnages). In 2040, ultimately, scenario B envisages tonnages on the railway higher than 71%

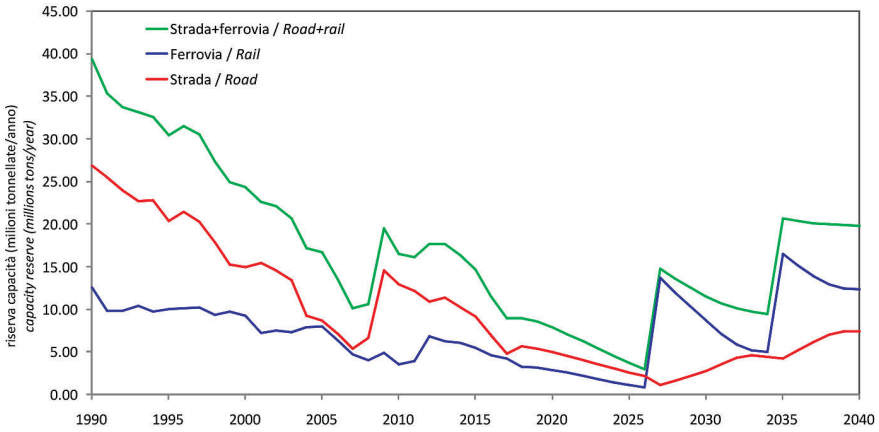


Fig. 19 - Andamento della capacità residua nello scenario B.
Fig. 19 - Trend of the capacity reserve in scenario B.

Il modello in [1], basato sulla interpolazione logistica, non consente di operare previsioni in considerazione di scenari di contesto macroeconomico. L'approccio qui utilizzato, invece, si discosta dall'imposizione di una precisa forma funzionale (i.e. curva di Gompetz) al trend dei tonnellaggi totali annui, operando la calibrazione di un modello di regressione con soglia di capacità basato sull'utilizzo di variabili macroeconomiche.

I risultati qui presentati, inoltre, considerano una base dati più estesa rispetto a quella di [1], comprendendo anche il triennio 2015-2017. Sull'ultimo anno consuntivato (2017), il modello con regressione logistica evidenzia uno scarto negativo (-2.8% pari a 1.4 milioni di tonnellate) rispetto al valore effettivo dei tonnellaggi trasportati. Se anche i due modelli considerano l'esistenza di un vincolo di capacità, come asintoto della curva logistica in [1] e come soglia di saturazione nella dinamica di aggiustamento in questo paper, occorre sottolineare la differenza nei valori assunti per la modalità di trasporto stradale. In [1] la soglia della capacità stradale veniva assunta in 38.2 milioni di tonnellate annue che, insieme alla capacità ferroviaria di 18 milioni di tonnellate annue, configurava una capacità complessiva di 56.2 milioni di tonnellate annue. In considerazione della dinamica registrata nell'ultimo triennio, in questa sede si è utilizzato un valore di soglia per le tonnellate annue stradali pari a 40.4, con una capacità complessiva incrementata del 4% circa e pari a 58.4.

Ciò premesso, si possono evidenziare le differenze nei profili evolutivi ottenuti. Prendendo in esame lo scenario A con infrastrutture costanti rispetto all'attualità, lo scostamento rispetto alle stime di [1] si attesta su valori compresi tra il +1.8% (1 milione di tonnellate/anno) al 2018 e il +8.6% (4.5 milioni di tonnellate/anno) al 2030, fino a calare al +7% al 2040 (3.7 milioni di tonnellate/anno).

Gli scostamenti pur contenuti che si hanno in considerazione dello scenario A aumentano se si prende in

and road tonnages lower by 18.3% compared to scenario A.

At this point it is useful to provide some comparisons with the results of the previous studies, regarding the total tonnages and the modal split.

The comparison between the evolution forecasts of the total tonnages obtained in the previous § and the estimates in [1] made on the basis of the logistic tonnage curves shows temporally increasing deviations, differentiated for the two scenarios considered here. Before evaluating the extent of these deviations numerically, it is necessary to point out that they are in fact attributable to a multiplicity of factors that concern both the different structure of the models considered, and the different database used for the calibration of the parameters.

The model in [1], based on logistic interpolation, does not allow to make forecasts in consideration of macroeconomic context scenarios. The approach used here, on the other hand, differs from the imposition of a precise functional form (i.e. Gompetz curve) on the trend of total annual tonnages, by calibrating a regression model with a capacity threshold based on the use of macroeconomic variables.

The results presented here also consider a more extensive database than that of [1], also including the 2015-2017 three-year period. On the final year recorded (2017), the model with logistic regression shows a negative deviation (-2.8% equal to 1.4 million tons) compared to the actual value of the tonnages transported. If the two models also consider the existence of a capacity constraint, as asymptote of the logistic curve in [1] and as saturation threshold in the adjustment dynamics in this paper, it is necessary to underline the difference in the values assumed for the road transport mode. In [1] the road capacity threshold was assumed at 38.2 million tons per year that, together with the railway capacity of 18 million tons per year, constituted a total capacity of 56.2 million tons per year. In consideration of the dynamics recorded in the last three years, here we used a threshold value for road annual tons equal to 40.4, with an overall capacity increased by about 4% and equal to 58.4.

That said, the differences in the evolutionary profiles obtained can be highlighted. Taking into consideration scenario A with infrastructures constant with respect to current events, the deviation from the estimates of [1] stands at values between +1.8% (1 million tons/year) in 2018 and +8.6% (4.5 million tons/year) in 2030, dropping to +7% in 2040 (3.7 million tons/year).

The deviations, even if contained, in consideration of scenario A increase if scenario B is taken into account. For this scenario, in fact, the forecast of total tonnages is also conditioned by the increase in capacity that intervenes in 2027 and 2035 on the rail mode. Compared to the assess-

considerazione lo scenario B. Per tale scenario, infatti, la previsione dei tonnellaggi totali è condizionata anche dall'incremento di capacità che interviene al 2027 ed al 2035 sulla modalità ferroviaria. Rispetto alle valutazioni in [1], con domanda totale indipendente dalla variazione di capacità, si hanno, infatti, scostamenti pari al +9.6% (5 milioni di tonnellate annue) al 2027 (apertura del BBT in esercizio con doppio binario) e pari al 16.8% (+9 milioni di tonnellate annue) al 2035 (infrastruttura nella sua configurazione definitiva). In Fig. 20 viene riportato l'andamento percentuale dello scostamento tra le previsioni sopra richiamate.

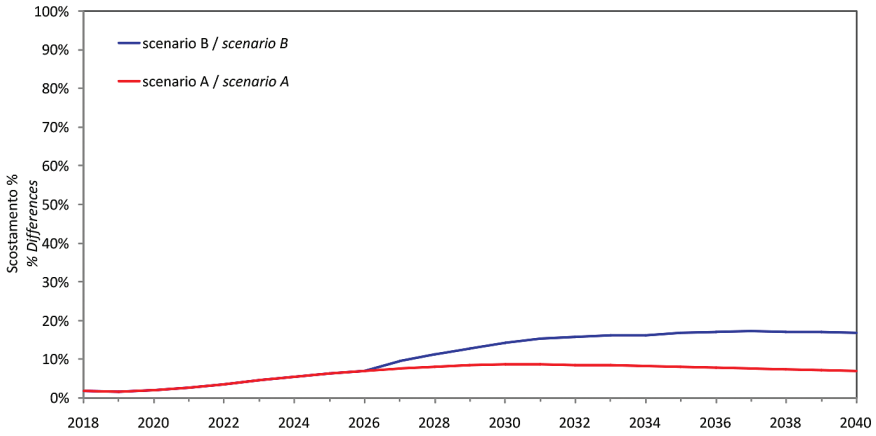


Fig. 20 - % di scostamento annuo nei tonnellaggi totali nei due scenari rispetto alle previsioni logistiche in [1].

Fig. 20 - % differences of annual total tonnages in the two scenarios compared to the logistic forecasts in [1].

Le previsioni di ripartizione modale ottenute con il modello di split per i due scenari A e B possono essere confrontate con le quote previste da ProgTrans e contenute negli studi "Previsioni del traffico nel Corridoio del Brennero – Relazione di sintesi 2014-2030" e "Aggiornamento della previsione sul traffico merci e passeggeri per il Brennero al 2015 e 2025 – Relazione di sintesi al 2° aggiornamento Fase II" ed utilizzate anche in [1]. Nelle valutazioni ProgTrans vengono considerati quattro scenari per il periodo successivo all'apertura del Tunnel di Base: "Minimo", che non considera l'apertura della Galleria di Base; "Base", che considera il completamento dell'intervento, ma nessuna particolare operazione di politica dei trasporti a favore della ferrovia; "Tendenza", che considera in variazione rispetto allo scenario "Base" la prosecuzione degli attuali orientamenti nella politica dei trasporti nei confronti della ferrovia; "Consenso", che tiene conto di politiche dei trasporti decisamente più favorevoli alla ferrovia.

I valori riportati nei grafici in Fig. 21 mettono in evidenza un sostanziale allineamento tra le quote modali previste con il modello di split negli scenari A e B e quelle ottenute da ProgTrans. Analizzando in particolare lo scenario A ad infrastrutture invariate agli orizzonti 2030, 2035 e 2040 si riscontrano valori estremamente vicini (variazioni comprese tra 0.5% ed 1.5%) a quelli dello scenario "Minimo" che, come detto, non prevede il completamento del Tunnel di Base pur a fronte dell'apertura delle tratte di accesso.

Lo scenario B, che invece prevede la piena funzionalità di tutto l'intervento al 2035, mostra agli orizzonti 2035 e 2040 valori vicini a quelli dello scenario "Consenso " (variazioni comprese tra 0.5% ed 1.5%), con un maggiore scostamento al 2030. Questo scostamento deriva dall'aver considerato nello scenario B un aumento della capacità ferroviaria già a partire dal 2027. Nello scenario B, tuttavia, non si manifesta il superamento

ments in [1], with total demand independent of the change in capacity, there are in fact deviations of +9.6% (5 million tons per year) in 2027 (opening of the BBT in operation with double track) and equal to 16.8% (+9 million tons per year) in 2035 (infrastructure in its final configuration). Fig. 20 shows the percentage trend of the deviation between the above forecasts.

The modal split forecasts obtained with the split model for the two scenarios A and B can be compared with the shares envisaged by ProgTrans and contained in the studies "Traffic forecasts in the Brenner Corridor - 2014-2030 Summary Report" and "Update of the forecast on freight and passenger traffic for the Brenner Pass in 2015 and 2025 - Summary Report at the 2nd Phase II update" and also used in [1]. In the ProgTrans evaluations four scenarios are considered for the period following the opening of the Base Tunnel: "Minimum", which does not consider the opening of the Base Gallery; "Base", which considers the completion of the intervention, but no particular operation transport policy in favour of the railway; "Trend", which considers the continuation of the current orientations in the transport policy towards the railway in variation with respect to the "Base" scenario; "Consensus", which takes into account transport policies that are decidedly more favourable to the railway.

The values shown in the graphs in Fig. 21 highlight a substantial alignment between the modal shares provided with the split model in scenarios A and B and those obtained from ProgTrans. Analysing in particular scenario A with infrastructures unchanged in 2030, 2035 and 2040 horizons, extremely close values are found (variations between 0.5% and 1.5%) to those of the "Minimum" scenario which, as mentioned, does not provide for the completion of the Base Tunnel despite the opening of the access sections.

Scenario B, which instead provides for the full functionality of the entire project at 2035, shows values close to

modale della ferrovia rispetto alla strada che caratterizza lo scenario "Consenso" di ProgTrans (49% strada, 51% ferrovia).

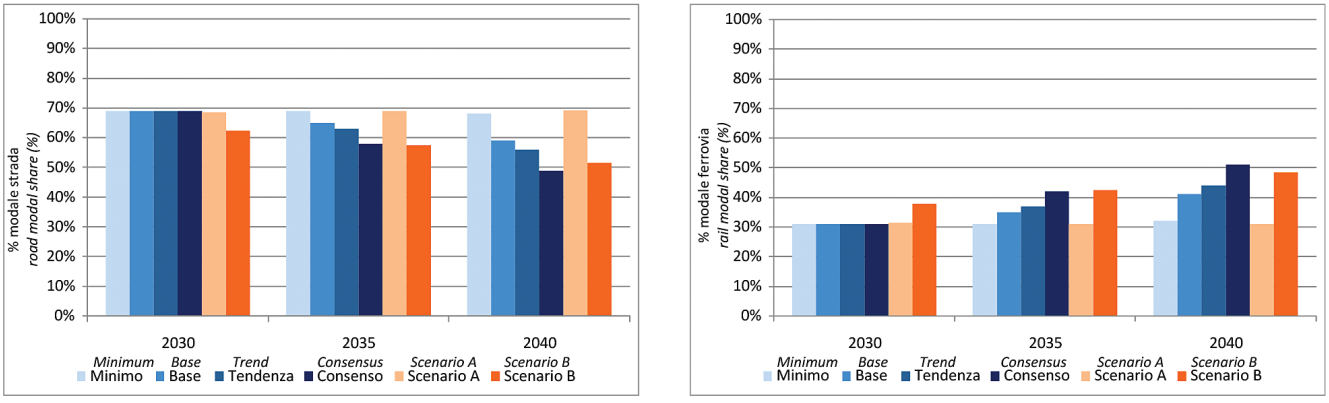
Per quanto fin qui detto, le previsioni ottenute implementando i modelli di questo studio evidenziano come, nell'ipotesi di invarianza del sistema infrastrutturale, il corridoio sia destinato alla saturazione nel lungo periodo con raggiungimento della soglia della capacità ferroviaria al 2030 e con un progressivo congestionamento del sistema stradale, che al 2040 si trova lievemente al di sotto del relativo tetto capacitivo. In tale situazione lo split modale previsto nel lungo periodo tende a mantenere nella sostanza la struttura attuale, con un 69% del traffico su strada e 31% su ferrovia. La realizzazione del Tunnel di Base, con incremento dell'attuale capacità sul sistema ferroviario valutato mediamente nel 75%, ne risolve al 2027 la tendenziale saturazione e favorisce la crescita degli scambi sull'intero corridoio. Ciò viene rafforzato dalla piena funzionalità degli interventi sul corridoio al 2035, con una capacità ferroviaria incrementata del 140% rispetto ad oggi. Gli interventi previsti consentono quindi di indirizzare il trasferimento strada-ferro per significative quote modali, con una distribuzione che nel lungo periodo si attesta su valori pari al 52% e 48% rispettivamente per strada e ferrovia, evitando la saturazione del sistema autostradale.

In definitiva, le previsioni presentate in questo articolo, pur con i limiti dell'approccio adottato in relazione alle incertezze nelle ipotesi di evoluzione del contesto macroeconomico (andamento del PIL e della Produzione Industriale) e delle tempistiche di attuazione degli interventi previsti, consentono comunque di aggiungere al quadro generale di discussione nuovi strumenti di analisi e valutazioni previsionali utilizzabili nell'ambito delle valutazioni tecnico-economiche di supporto alle decisioni attuative.

those of the "Consensus" scenario (variations between 0.5% and 1.5%) at 2035 and 2040 horizons, with a greater deviation from 2030. This deviation derives from having considered in scenario B an increase in railway capacity as early as 2027. In scenario B, however, the modal overcoming of the railroad with respect to the road that characterises the "Consensus" scenario of ProgTrans (49% road, 51% railway) does not manifest itself.

From what has been said so far, the forecasts obtained by implementing the models of this study show that, in the hypothesis of invariance of the infrastructural system, the corridor is destined to saturation in the long term with reaching the threshold of railway capacity by 2030 and with a progressive congestion of the road system, which at 2040 is slightly below its relative capacitive upper limit. In this situation, the modal split envisaged in the long term tends to maintain the current structure, with 69% of road traffic and 31% of rail traffic. The construction of the Base Tunnel, with an estimated average increase of 75% in the current capacity on the railway system, resolves the saturation trend by 2027 and favours the growth of exchanges on the entire corridor. This is strengthened by the full functionality of interventions on the corridor in 2035, with a railway capacity increased by 140% compared to today. The planned interventions therefore allow directing the road-rail transfer for significant modal shares, with a distribution that over the long term stands at 52% and 48% respectively for road and rail, avoiding saturation of the motorway system.

Ultimately, the forecasts presented in this article, albeit with the limits of the approach adopted in relation to the uncertainties in the hypotheses of evolution of the macroeconomic context (GDP trend and Industrial Production) and of the timing of implementation of the planned interventions, allow in any case to add new analysis tools and forecast assessments to the general discussion framework that can be used in technical-economic assessments to support implementation decisions.



(a) (b)

Fig. 21 - Percentuali di ripartizione modale strada e ferrovia - confronto Scenari A, B e scenari ProgTrans - (a) modalità strada - (b) modalità ferrovia.

Fig. 21 - Road and rail modal split percentages - comparison Scenarios A, B and ProgTrans scenarios - (a) road mode - (b) rail mode.

BIBLIOGRAFIA - *REFERENCES*

[1] R. Mauro, & S. Cattani, (2018), *"Previsioni del traffico delle merci al Brennero / Freight traffic forecasts at the Brenner pass",* Ingegneria Ferroviaria - ISSN 0020-0956, pp. 1-24.

[2] K.L. Hancock, (2008), *"Freight Demand Modeling: Tools for Public-sector Decision Making",* Summary of a Conference (Vol. 40). Transportation Research Board.

[3] C.M. Winston, (1983), *"The demand for freight transportation: models and applications",* Transportation Research, 17A (6), 419-427.

[4] A. Nuzzolo, U. Crisalli, A. Comi, (2009), *"A demand model for international freight transport by road",* European transport research review, 1(1), 23-33.

[5] Z.R. Peng, H. Yu, (2018), *"Economic Analysis Framework for Freight Transportation Based on Florida Statewide Multi-Modal Freight Model. Florida",* Department of Transportation.

[6] R.M. Pendyala, V.N. Shankar, R.G. McCullough, (2000), *"Freight Travel Demand Modeling: Synthesis of Approaches and Development of a Framework",* Transp. Research Record, 1725, 9-16.

[7] P. Ferrari, (2014), *"The dynamics of modal split for freight transport",* Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 70, 163-176.

[8] P. Ferrari, (2015), *"Dynamic cost functions and freight transport modal split evolution",* Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 77, 115-134.

[9] R. Ramanathan, (2001), *"The long-run behaviour of transport performance in India: a cointegration approach",* Transportation Research Part A, 35(4), 309-320.

[10] M. Kulshreshtha, B. Nag, M. Kulshreshtha, (2001), *"A multivariate cointegrating vector auto regressive model of freight transport demand: evidence from Indian railways",* Transportation Research Part A: Policy and Practice, 35(1), 29-45.

[11] Ü. Hunt, (2003), *"Forecasting of railway freight volume: Approach of Estonian railway to arise efficiency",* Transport, 18(6), 255-258.

[12] S. Shen, T. Fowkes, T. Whiteing, D. Johnson, (2009), *"Econometric modelling and forecasting of freight transport demand in Great Britain",* European Transport Conference Proceedings, European Transport Conference, 5-7 October, Noordwijkerhout, The Netherlands.

[13] F.N.G. Anderson, T. Elger, (2012), *"Swedish freight demand: short, medium, and long-term elasticities",* Journal of TransportEconomics and Policy, 46(1), 79-97.

[14] M. Lupi, L. Mantecchini, F. Rupi, (2002), *"Analisi del legame fra traffico autostradale e indicatori economici nazionali / Analysis of the link between Italian motorway traffic and national economic indicators",* T&T Trasporti e Trazione, No. 6, pp. 249–260.

[15] M. Lupi, L. Mantecchini, F. Rupi, (2004), *"Modelli econometrici per la domanda di trasporto ferroviario italiana",* Ingegneria Ferroviaria, Vol. 3, No. 3, pp. 237–245.

[16] A.S. Fowkes, C.A. Nash, J.P. Toner, G. Tweddle, (1993), *"Disaggregated Approaches to Freight Analysis: A Feasibility Study",* Institute of Transport Studies, University of Leeds. Working Paper 399

[17] L. Tavasszy, G. De Jong, (2014), *"Modelling freight transport",* Elsevier.

[18] A. Matas, J.L. Raymond, A. Ruiz, (2012), *"Traffic forecasts under uncertainty and capacity constraints",* Transportation, 39(1), 1-17.

[19] J.W. Woolridge, (2018), *"Introductory Econometrics: A modern approach",* Cengage Learning.

[20] C.W. Granger, P. Newbold, (1974), *"Spurious regressions in econometrics"*. Journal of econometrics, 2(2), 111-120.

[21] D.F. Hendry, & K. Juselius, (2001), *"Explaining cointegration analysis: Part II"*. Energy J. 22, 75120.

[22] M.E. Ben-Akiva , S.R. Lerman, & S.R. Lerman, (1985), *"Discrete choice analysis: theory and application to travel demand (Vol. 9)"*. MIT press.

[23] J.A. Nelder, & R. Mead, (1965), *"A simplex method for function minimization"*. The computer journal, 7(4), 308-313.

[24] Bollettini Alpinfo ARE (Ufficio Federale dei Trasporti UFT svizzero), https://www.bav.admin.ch/bav/it/home/temi-a-z/trasferimento-del-traffico/rapporti-e-dati.html

[25] iMONITRAF! (2019), Annual Report 2018 Innovative technologies and the future of iMONITRAF! http://www.imonitraf.org/DesktopModules/ViewDocument.aspx?DocumentID=bhuXKUB1+3s=

[26] I.Stat, Banca dati delle statistiche correntemente prodotte dall'Istituto nazionale di statistica (http://dati.istat.it): Conti Nazionali edizione settembre 2018; Industria e costruzioni ed. 12/2018.

[27] J.G. MacKinnon, A.A. Haug, & L. Michelis, (1999), *"Numerical distribution functions of likelihood ratio tests for cointegration"*, Journal of applied Econometrics, 14(5), 563-577.

[28] S. Johansen, (1988), *"Statistical Analysis of Cointegration Vectors"* Journal of Economic Dynamics and Control, Vol. 12, No. 2–3, pp. 231–254

[29] S. Johansen, (1991), *"Estimation and Hypothesis Testing of Cointegration Vectors in Gaussian Vector Autoregressive Models"*, Econometrica, Vol. 59, No. 6, pp. 1551–1580.

[30] E.S. Page, (1954), "*Continuous Inspection Scheme*", Biometrika. 41 (1/2): 100–115.

[31] J.S. Armstrong, (Ed.). (2001), *"Principles of forecasting: a handbook for researchers and practitioners (Vol. 30)"*, Springer Science & Business Media.

[32] P. Ferrari, (2016), *"Instability and dynamic cost elasticities in freight transport systems"*, Transport Policy, 49, 226-233.

[33] Nota di Aggiornamento del DEF 2018, Presentata dal Presidente del Consiglio dei Ministri Conte e dal Ministro dell'Economia e delle Finanze Tria - Deliberata dal Consiglio dei Ministri il 27/09/2018.

CONDIZIONI DI ASSOCIAZIONE AL CIFI
QUOTE SOCIALI ANNO 2019

- Soci ***Ordinari e Aggregati*** *(con entrambe le riviste periodiche da scegliere tra cartaceo e online)*	€/anno	85,00
- Soci ***Ordinari e Aggregati under 35*** *(con entrambe le riviste periodiche da scegliere tra cartaceo e online)*	€/anno	60,00
- Soci ***Junior*** *(che hanno già maturato* ***3 anni di iscrizione*** *e* ***under 28,*** *con entrambe le riviste periodiche solo online)*	€/anno	25,00
- ***Nuovi Associati*** ***(under 35,*** *per i primi 3 anni "considerati in modo retroattivo", con entrambe le riviste periodiche solo online)*	€/anno	00,00
- Soci ***Collettivi*** *(con entrambe le riviste periodiche:* ***IF*** *una copia online più una copia cartacea –* ***TP*** *una copia cartacea)*	€/anno	600,00

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 "ASSOCIARSI" e l'iscrizione decorre dopo il versamento della quota tramite:

- c.c.p. 31569007 intestato al CIFI – Via Giolitti, 48 – 00185 Roma;
- bonifico bancario sul c/c n. 000101180047 – Unicredit Roma, Ag. Roma Orlando – Via Vittorio Emanuele Orlando, 70 – 00185 Roma - IBAN IT29 U 02008 05203 000101180047 - BIC: UNCRITM 1704;
- pagamento online, collegandosi al sito www.cifi.it;
- in contanti o tramite Carta Bancomat.

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.

Le associazioni, se non disdette, vengono rinnovate d'ufficio; le disdette debbono pervenire entro il 30 settembre di ciascun anno.

Le associazioni devono essere rinnovate entro il 31 dicembre.

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

EXPO Ferroviaria 2019

9ª Esposizione Internazionale dell'Industria Ferroviaria

1-2-3 ottobre 2019, Rho Fiera, Milano

L'evento chiave dell'industria ferroviaria in Italia!

- Oltre 300 espositori da 20 paesi: dalle maggiori società internazionali alle PMI
- Sezioni di binari per l'esposizione di tecnologie per l'infrastruttura
- 8,000 visitatori provenienti da tutto il mondo
- 3 giorni di conferenze, seminari e presentazioni degli espositori
- Visite tecniche ai punti focali ferroviari nell'area di Milano

- Venite a discutere degli ultimi prodotti e sistemi ferroviari con i fornitori leader dell'industria
- Informatevi riguardo i trend tecnologici e gli sviluppi delle politiche ferroviarie
- Instaurate preziosi contatti commerciali in un'occasione di networking unica nel suo genere

Unitevi ai leader del settore all'evento ferroviario più importante d'Italia!

Registratevi online per la vostra entrata gratuita

www.expoferroviaria.com

MACK BROOKS exhibitions

Partner dell'esposizione:

Sponsor Area Infrastrutture:

Partner Mediali:

Effetto di amplificazione degli edifici sulle vibrazioni superficiali indotte dalla metropolitana in esercizio

Magnification effect of buildings on surface vibrations induced by metro trains operation

Qian XIA(*)
Wenjun QU(**)
Yiqing LI(***)
Jin ZHAO(***)

Riassunto - Questo documento si propone di esporre la causa dell'amplificazione delle vibrazioni in superficie indotte dall'esercizio del treno in un sistema "rapid transit". La vibrazione della superficie è stata misurata sul posto ed è stato stabilito un modello 2D a elementi finiti per verificare se l'edificio limitrofo influisce sulla propagazione delle vibrazioni. Basato su questo modello, sono stati discussi gli impatti sul processo di propagazione della posizione e del numero di edifici. Si è concluso che la fondazione dell'edificio ha un effetto di amplificazione sulla vibrazione in superficie; l'effetto è più evidente orizzontalmente che verticalmente, l'amplificazione delle vibrazioni avviene principalmente nella banda delle basse frequenze; la fondazione dell'edificio ha una portata limitata di impatto sulla vibrazione della superficie e l'ambito verticale è maggiore di quello orizzontale. In un ambiente aperto, la vibrazione di superficie è inferiore alla vibrazione della fondazione: nella posizione dell'edificio è l'opposto.

I risultati della ricerca rappresentano una solida base per la previsione delle vibrazioni indotte da esercizi metropolitani e forniscono approfondimenti sulla progettazione delle misure di controllo delle vibrazioni.

Parole chiave: zona di amplificazione delle vibrazioni; vibrazione di superficie; la posizione degli edifici; il numero di edifici.

Summary - *This paper aims to disclose the cause of amplification of surface vibration induced by train operation in rapid transit system. The surface vibration was measured on site, and a 2D finite-element model was established to see if the surface building affects the vibration propagation. Based on this model, discussed the impacts of the location and number of buildings on the propagation process. And concluded that the building foundation has an amplification effect on the surface vibration, the effect is more obvious horizontally than vertically; the vibration amplification mainly happens in the low-frequency band; the building foundation has a limited scope of impact on surface vibration, and the vertical scope is greater than the horizontal scope; on an open field, the surface vibration is smaller than the foundation vibration; at the position of the building it is opposite.*

The research findings lay a solid basis for the prediction of subway-induced vibration, and provide insights into the design of vibration control measures.

Keywords: *vibration amplification zone; surface vibration; the location of buildings; the number of buildings.*

1. Introduction

In a rapid transit system, the vibration induced by metro train operation is transmitted to surface buildings through the rail system, tunnel and the soil layer. The vibration often

(*) Scuola di Ingegneria Civile e Architettura, Xi'An University of Technology, Xi'An 710048, Cina.

(**) College di Ingegneria Civile, Tongji University, Shanghai 200092, Cina.

(***) Shaanxi JDWG Quality Testing Technology Co., Ltd., Xi'an 710061, Cina.

(*) *School of Civil Engineering and Architecture, Xi'An University of Technology, Xi'An 710048, China.*

(**) *College of Civil Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China.*

(***) *Shaanxi JDWG Quality Testing Technology Co., Ltd., Xi'an 710061, Cina.*

1. Introduzione

In un sistema di trasporto veloce, la vibrazione indotta dall'esercizio della metropolitana è trasmessa agli edifici di superficie attraverso il sistema di binari, il tunnel e lo strato di terreno. La vibrazione spesso si attenua nel terreno a causa dello smorzamento delle caratteristiche di smorzamento del materiale. Tuttavia, esiste una zona di amplificazione delle vibrazioni oltre una certa distanza dall'asse del tunnel e la distanza dipende dalle condizioni stratigrafiche e dalla profondità del tunnel [1], [2], [3]. Gli edifici in questa zona sono particolarmente inclini alle vibrazioni del treno. L'esistenza della zona di amplificazione delle vibrazioni è stata dimostrata ripetutamente dai ricercatori [4], [5], [6], [7], [8].

Finora, non vi è ancora un consenso sulle cause dell'amplificazione delle vibrazioni sulla superficie. Xia e Wang [2], [9], hanno sostenuto che l'area di amplificazione locale si presenta quando la vibrazione si attenua sotto ripetute riflessioni e rifrazioni dell'onda elastica, che si propaga nel terreno soffice tra il substrato roccioso e la superficie. Yan et al. [10], hanno attribuito l'amplificazione delle vibrazioni alle condizioni stratigrafiche e alla profondità sotto terra del tunnel. Li [6], ha sottolineato la correlazione tra questo fenomeno e i picchi delle direzioni delle onde di vibrazione propaganti e le condizioni geologiche locali nei punti di indagine. Thompson [11], nella interpretazione dell'area di amplificazione, tiene conto dell'effetto bloccante della cavità sotterranea del tunnel sulla trasmissione dell'onda elastica. T. Fujikake [12], ritiene che la presenza dell'area di amplificazione della vibrazione del terreno sia probabilmente causata dalla risonanza dovuta alla frequenza della sorgente di vibrazione che è simile alla frequenza naturale dello strato di terreno. Ciò è coerente con Wang [13], che conclude che vi è un grande fenomeno di rifessione nella banda di frequenza in prossimità della frequenza predominante di vibrazione del terreno. Inoltre, Yan et al. [14], hanno creato una formula di previsione empirica del livello di vibrazione nella direzione Z, che considera la zona di amplificazione delle vibrazioni del transito ferroviario elevato utilizzando il metodo della funzione combinata. Tali studi forniscono preziosi riferimenti alla previsione delle vibrazioni del sistema di trasporto rapido considerando la zona di amplificazione delle vibrazioni.

La ricerca precedente ha dimostrato che l'amplificazione delle vibrazioni obbedisce a leggi diverse a frequenze diverse. Li et al. [15], hanno esplorato le caratteristiche dell'amplificazione a frequenze diverse. Yan et al. [10], hanno analizzato i segnali di vibrazione misurati a frequenze diverse e hanno concluso che la zona di amplificazione è principalmente influenzata dai segnali a bassa frequenza (<20 Hz) piuttosto che dai segnali a media o alta frequenza. Ma [16], [17] e Wang [18], attraverso test di vibrazione "a goccia" e analisi numerica, hanno rilevato che tutte le onde di vibrazione della frequenza del segnale si attenuano in maniera non monotona in forma d'onda sulla distanza e che la frequenza è negativamente

attenuates in the soil due to radiation damping and material damping. However, there exists a vibration amplification zone beyond a certain distance from the axis of the tunnel, and the distance depends on the stratigraphic conditions and the depth of the tunnel [1], [2], [3]. The buildings in this zone are particularly prone to vibration of the train. The existence of the vibration amplification zone has been proved repeatedly by researchers [4], [5], [6], [7], [8].

So far, there is not yet a consensus on the causes of vibration amplification on the surface. Xia and Wang [2], [9], held that the local amplification area appears when the vibration attenuates under repeated reflection and refraction of the elastic wave, which propagates in the soft soil between the bedrock and the surface. Yan et al. [10], attributed the vibration amplification to stratigraphic conditions and buried depth of the tunnel. Li [6], pointed out the correlation between this phenomenon and the peaks and troughs of propagating vibration waves and the local geological conditions at the survey points. Thompson [11], interpretation of the amplification area takes into account the blocking effect of the underground tunnel cavity on the transmission of elastic wave. T. Fujikake [12], believes that occurrence of the ground vibration amplification area is likely to be caused by resonance due to the frequency of the vibration source is similar to the natural frequency of the soil layer. This is consistent with Wang [13], conclusion that there is a large rebound phenomenon in the frequency band in the vicinity of predominant frequency in the ground vibration frequency. In addition, Yan et al. [14], created an empirical prediction formula of vibration level in the Z direction that considers the vibration amplification zone of elevated rail transit using combined function method. These studies provide valuable references to vibration prediction of rapid transit system considering vibration amplification zone.

The previous research has shown that the vibration amplification obeys different laws at different frequencies. Li et al. [15], explored the features of amplification at different frequencies. Yan et al. [10], analyzed the vibration signals measured at different frequencies, and concluded that the amplification zone is mainly affected by low-frequency signals (<20 Hz) rather than the medium- or high-frequency signals. Ma [16], [17] and Wang [18], through drop-weight vibration test and numerical analysis, found that all signal frequency vibration waves attenuate non-monotonously in wave shape over distance, and that the frequency is negatively correlated with wave spacing. Ma [16], ascribed the attenuation of single frequency vibration wave to the difference in propagation velocity between bulk wave and Rayleigh wave.

To disclose the cause of surface vibration amplification, this paper carries out field measurement of the surface vibration caused by train operation in a rapid transit system. Then, a 2D finite-element model was established to see if the surface building affects the vibration propagation, and to discuss the impacts of the location and number of buildings on the propagation process. Finally, it is concluded that the building foundation directly bears on the amplifi-

correlata alla lunghezza d'onda. MA [16], attribuiva l'attenuazione dell'onda vibratoria a frequenza singola alla differenza nella velocità di propagazione tra l'onda di massa e l'onda di Rayleigh.

Per discutere la causa dell'amplificazione delle vibrazioni superficiali, questo documento descrive misure sul campo delle vibrazioni di superficie causate dall'esercizio del treno in un sistema di transito veloce. È stato poi creato un modello 2D a elementi finiti per verificare se l'edificio di superficie influisce sulla propagazione delle vibrazioni e per analizzare gli impatti della posizione e del numero di edifici sul processo di propagazione. Infine, si conclude che la fondazione dell'edificio influenza direttamente l'amplificazione delle vibrazioni di superficie. I risultati della ricerca gettano nuova luce sulla causa dell'amplificazione delle vibrazioni superficiali, costituiscono una solida base per la previsione delle vibrazioni indotte dalla metropolitana e forniscono approfondimenti sulla progettazione delle misure di controllo delle vibrazioni.

2. Misura in campo della vibrazione del terreno

La misurazione in campo è stata eseguita nel segmento rettilineo tra Siping Road Station e Anshan Xincun Station della Linea Metro 8 a Shanghai, in Cina. In questo segmento, il centro del tunnel si trova a circa 11,5 m sotto terra. Il tunnel fu costruito mediante TBM (Tunel Boring Machine). Il diametro della fresa e il diametro interno del tunnel sono rispettivamente di 6,200 mm e 5,500 mm. Il profilo circolare è costituito da sei segmenti in cemento armato. Ci sono 2 edifici residenziali normali in muratura senza basamento sul terreno vicino al suddetto segmento della metropolitana. I treni della metropolitana su questa linea sono tutti a sei carrelli, con una lunghezza totale di 139,8 m, peso proprio di 216 t e velocità di marcia di 19,0 m/s.

Per la nostra ricerca è stata misurata l'accelerazione vibrazionale. Come mostrato nella Fig. 1, sono stati disposti cinque punti di misurazione sul terreno, indicati come CD-1~5, sostanzialmente perpendicolari al tunnel,

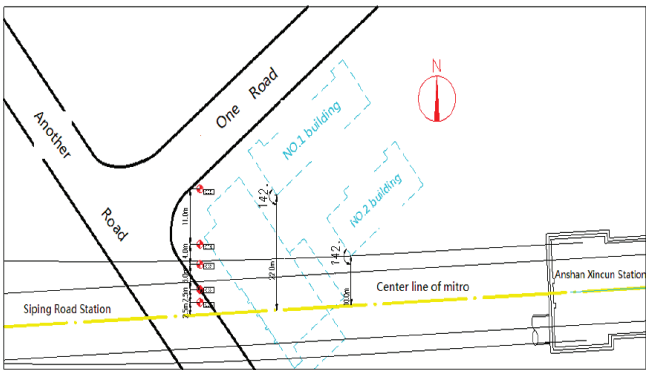


Fig. 1 - Posizioni dei punti di misurazione.
Fig. 1 - Locations of the measuring points.

cation of the surface vibration. The research findings shed new light on the cause of surface vibration amplification, lay a solid basis for the prediction of subway-induced vibration, and provide insights into the design of vibration control measures.

2. Field measurement of ground vibration

The field measurement was carried out in the straight segment between Siping Road Station and Anshan Xincun Station of Metro Line 8 in Shanghai, China. In this segment, the center of the tunnel is about 11.5 m below the ground. The circular tunnel was constructed by shield tunnelling. The shield diameter and the inner diameter of the tunnel are 6,200 mm and 5,500 mm, respectively. The circular profile is made up of six reinforced concrete segments. There are 2 ordinary masonry residential buildings with no basement on the ground near the said metro segment. The metro trains on this line are all six carriages, with a total length of 139.8 m, self-weight of 216 t, and running speed of 19.0 m/s.

The vibration acceleration was measured for our research. As shown in Fig. 1, five measuring points, denoted as CD-1~5, were arranged on the ground basically perpendicular to the tunnel, forming a 25 m-long survey line starting from the position above the centerline at the top of the tunnel (hereinafter referred to as the top centerline position).

The measuring positions are 2.5 m, 5 m, 10 m, 14 m and 25 m away from the top centerline position. The measuring point at 2.5 m away from the top centerline position is considered as being right on that position, because the road is above the top centerline of the tunnel, it is not suitable to arrange the measuring points in the actual situation. The plane layout of the measuring points is presented in Fig. 2. The positions of measuring points and the sectional layout of the buildings are illustrated in Fig. 3. The measuring device and test site were presented in Fig. 4. The sampling frequency was 200 Hz, and 15 groups of valid data were collected.

Run the "DISP" data collection system, and check whether the circuit is connected, the instrument is adjusted to zero and the setting of amplification is reasonable or not by the oscillogram displayed by the computer, and knock the vibrator to check whether the instrument reacts sensitively.

3. Vibration evaluation index and vibration standard

Thanks to the numerous measured data, it is possible to ascertain the attenuation law of vibration acceleration amplitude at different frequencies through 1/3 octave analysis. The acceleration vibration level is defined as:

$$VAL = 20\lg(a_{rms}/a_0) \qquad (1)$$

where the unit of VAL is dB, is the effective value of the vibration acceleration (m/s²), and is the reference acceleration ($1 \cdot 10^{-6}$ m/s², according to ISO2631).

formando una linea di rilevamento lunga 25 m che partiva dalla posizione sopra la mezzeria nella parte superiore del tunnel (di seguito indicata come la posizione centrale superiore).

Le posizioni di misurazione sono 2,5 m, 5 m, 10 m, 14 m e 25 m dalla posizione centrale superiore. Il punto di misurazione a 2,5 m dalla posizione di mezzeria superiore è considerato appropriato, poiché la strada si trova sopra la mezzeria superiore del tunnel e non è consigliabile sistemare i punti di misurazione in posizioni diverse. La Fig. 2 mostra la disposizione nel piano dei punti di misurazione. La Fig. 3 mostra le posizioni dei punti di misurazione e il layout di sezione degli edifici. Il dispositivo di misurazione e il sito di prova sono presentati nella Fig. 4. La frequenza di campionamento è stata fissata in 200 Hz e sono stati raccolti 15 gruppi di dati validi.

L'avvio del sistema di raccolta dati "DISP", il controllo di collegamento del circuito, la regolazione dello strumento su zero e l'impostazione dell'amplificazione sono test ragionevoli verificati sull'oscillogramma visualizzato dal computer, dando un colpetto al vibratore per verificare se lo strumento reagisce in modo sensibile.

3. Indice di valutazione delle vibrazioni e standard delle vibrazioni

Grazie ai numerosi dati misurati, è possibile accertare la legge di attenuazione dell'ampiezza di accelerazione delle vibrazioni a diverse frequenze attraverso un'analisi di 1/3 di ottava. Il livello di vibrazione dell'accelerazione è definito come segue:

$$VAL = 20\lg(a_{rms}/a_0) \quad (1)$$

dove l'unità di misura del VAL è dB, a_{rms} è il valore effettivo dell'accelerazione di vibrazione (m/s^2), ed è l'accelerazione di riferimento ($1 \cdot 10^{-6}$ m/s^2, secondo ISO2631).

Nel valutare l'impatto sull'ambiente delle vibrazioni della metropolitana, è solitamente utilizzato il livello di vibrazione verticale VL_z, che può essere scritto come

$$VL_z = 20\lg(a'_{rms}/a_0) \quad (2)$$

dove a_0 è l'accelerazione di riferimento ed è uguale al valore per calcolare VAL, ed a'_{rms} è la correzione dell'accelerazione di vibrazione (m/s^2) modificata come

$$a'_{rms} = \sqrt{\sum a^2_{frms} \cdot 10^{0.1C_f}} \quad (3)$$

dove a_{frms} è l'accelerazione di vibrazione corrispondente alla frequenza f, ed C_f è il modificatore della percezione dell'accelerazione di vibrazione [19].

4. Analisi dei risultati sperimentali

Durante la misurazione, la cronologia temporale dell'accelerazione vibrazionale è stata registrata continuamente in tre direzioni: la direzione orizzontale lungo

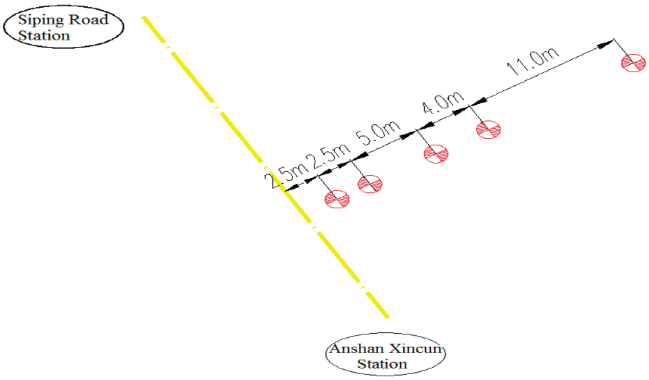


Fig. 2 - Schema del piano dei punti di misurazione.
Fig. 2 - Plane layout of the measuring points.

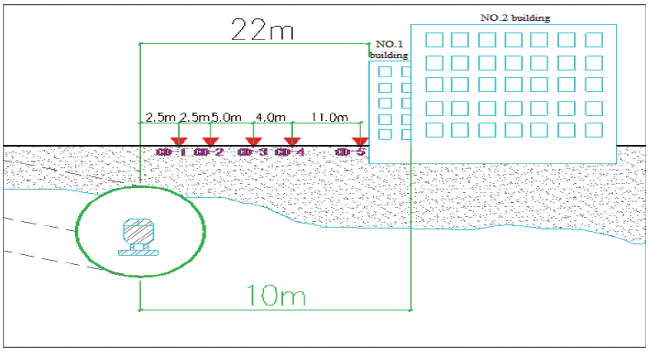


Fig. 3 - Posizioni dei punti di misurazione e disposizione in sezione degli edifici (proiezione a nord-ovest dell'edificio).
Fig. 3 - Positions of measuring points and sectional layout of the buildings (projection along northwest of the building).

Fig. 4 - Il dispositivo di misurazione e il sito di prova.
Fig. 4 - The measuring device and test site.

In evaluating the impact of subway vibrations on the environment, the vertical vibration level VL_z is usually used, which can now be written as

$$VL_z = 20\lg(a'_{rms}/a_0) \quad (2)$$

where a_0 is the reference acceleration and is the same as the value for calculating VAL, and a'_{rms} is correction of the vibration acceleration (m/s^2) modified as

$$a'_{rms} = \sqrt{\sum a^2_{frms} \cdot 10^{0.1C_f}} \quad (3)$$

il tunnel (direzione X), la direzione orizzontale perpendicolare al tunnel (direzione Y) e la direzione verticale (direzione Z), ortogonalmente alle altre prime due direzioni.

I dati registrati sono stati filtrati. Al fine di eliminare l'interferenza casuale nel test, è stato preso il valore medio delle metropolitane per 10 volte in ciascun punto di misurazione.

La vibrazione indotta dal treno dura circa 10 secondi. La vibrazione misurata oltre quel periodo è causata dalle auto che si muovono sulle strade di superficie, cioè le vibrazioni di fondo. I risultati misurati sull'accelerazione vibrazionale sono presentati nella Fig. 5. A causa dello spazio limitato, sono elencati solo la cronologia temporale e lo spettro di frequenza. Lo spettro 3D Fourier delle vibrazioni è visualizzato nella Fig. 6.

Come mostrato nella Fig. 6, i picchi di accelerazione nelle direzioni X e Y si concentrano nell'intervallo 40~80 Hz. La vibrazione del CD-1~4 diminuisce gradualmente con pochi cambiamenti nella distribuzione. Il picco di accelerazione nella direzione Z è cambiato molto nell'intervallo di 40~80 Hz; vi è un picco più evidente nell'intervallo 10~20 Hz, che è l'intervallo di picco dello spettro di Fourier della vibrazione dell'automobile [20], [21], [22]. Inoltre, è stata incrementata la vibrazione 3D su CD-5, che si trova a 25 m dalla posizione della linea centrale superiore, in cui si trova l'edificio, una prova dell'impatto delle fondamenta dell'edificio sull'amplificazione delle vibrazioni del terreno.

where a_{frms} is the vibration acceleration corresponding to frequency f, and C_f is the perception modifier of the vibration acceleration [19].

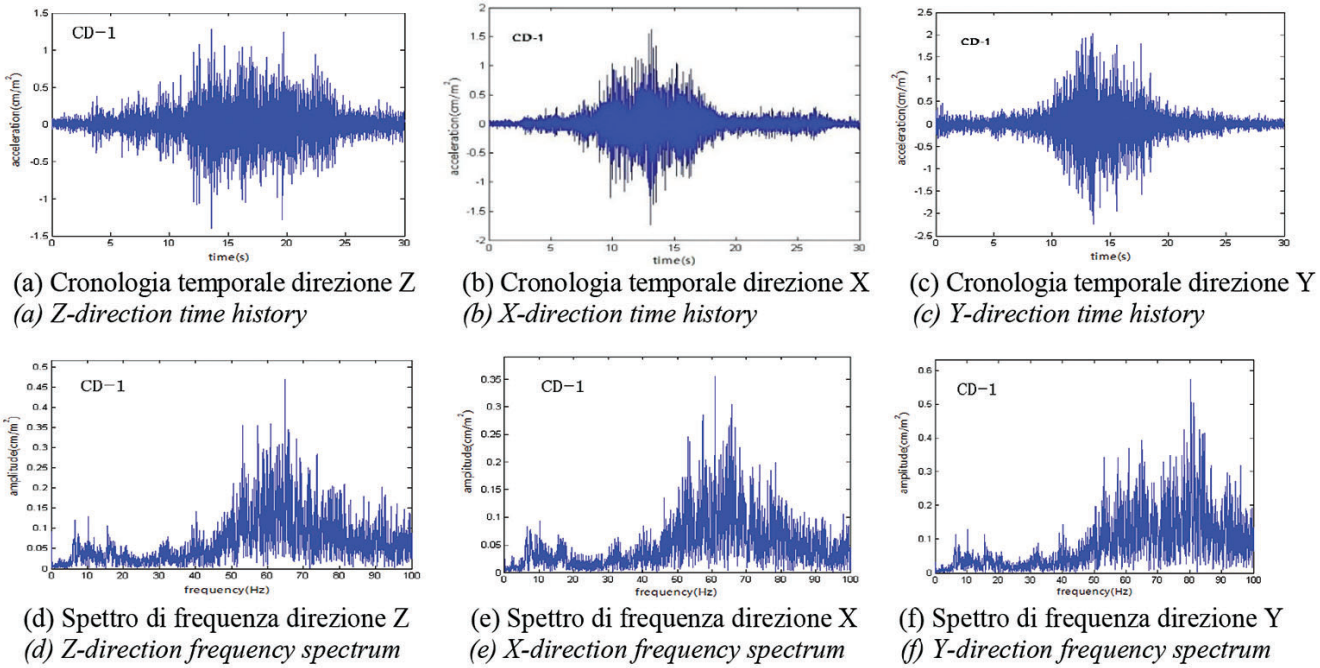
4. Analysis of experimental results

During the measurement, the time history of vibration acceleration was recorded continuously in three directions: the horizontal direction along the tunnel (the X-direction), the horizontal direction perpendicular to the tunnel (the Y-direction) and the vertical direction to the tunnel (the Z-direction).

And filter the test data. In order to eliminate the random interference in the test, the average value of the metros of more than 10 times is taken at the each measuring point.

The train-induced vibration lasts about 10 s. The vibration measured beyond that period is caused by the cars moving on surface roads, i.e. the background vibration. The measured results on vibration acceleration are presented in Fig. 5. Because of limited space, only the time history and frequency spectrum are listed. The 3D Fourier spectrum of the vibrations is displayed in Fig. 6.

As shown in Fig. 6, the acceleration peaks in the X- and Y-directions concentrated in the range of 40~80 Hz. The vibration of CD-1~4 decreased gradually with little change in the distribution. The acceleration peak in the Z-direction changed greatly in the range of 40~80 Hz; there was a more obvious peak in the range of 10~20 Hz, which is the peak



(a) Cronologia temporale direzione Z
(a) Z-direction time history

(b) Cronologia temporale direzione X
(b) X-direction time history

(c) Cronologia temporale direzione Y
(c) Y-direction time history

(d) Spettro di frequenza direzione Z
(d) Z-direction frequency spectrum

(e) Spettro di frequenza direzione X
(e) X-direction frequency spectrum

(f) Spettro di frequenza direzione Y
(f) Y-direction frequency spectrum

Fig. 5 - Cronologia temporale e spettro di frequenza.
Fig. 5 - Time history and frequency spectrum.

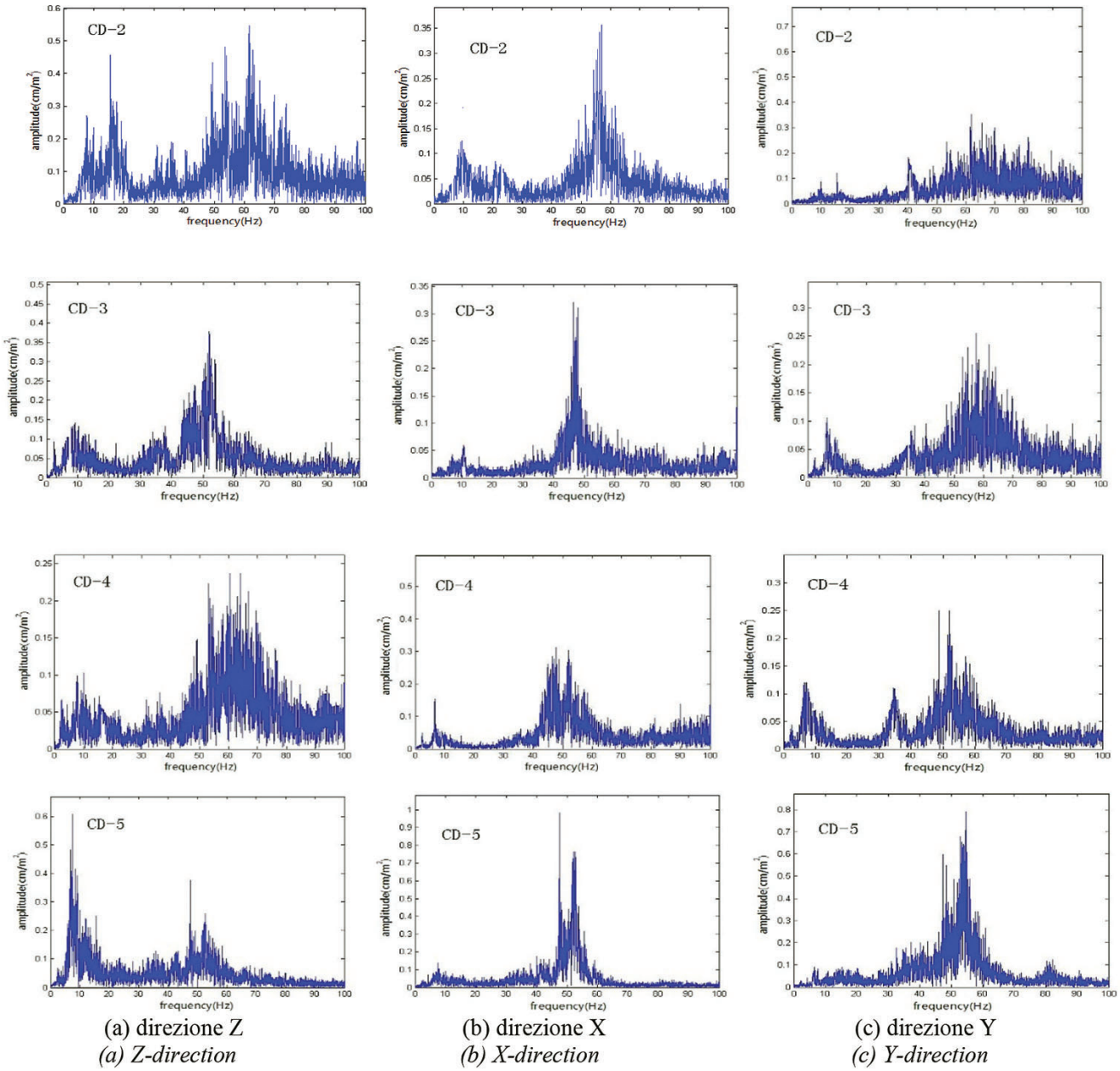
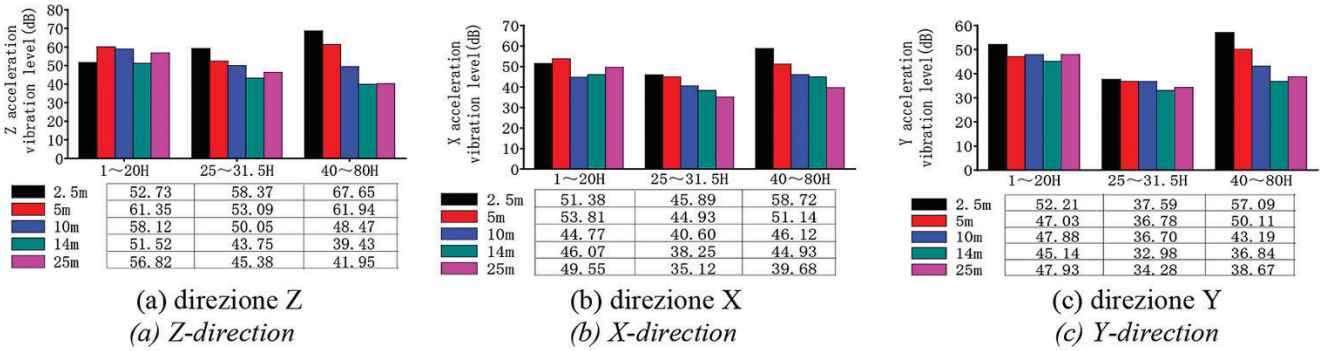


Fig. 6 - Spettro 3D di Fourier.
Fig. 6 - 3D Fourier spectrum.

Questo impatto deriva dalla riflessione dell'onda vibratoria quando si propaga attraverso l'interfaccia tra materiali diversi. In un mezzo non uniforme, la propagazione dell'onda di vibrazione è soggetta a cambiamenti multipli, poiché i diversi materiali hanno diverse energie di riflessione e trasmissione e coefficienti dello smorzamento. L'onda vibratoria che si propaga nel terreno è riflessa e rifratta quando raggiunge le fondamenta poco profonde dell'edificio più vicino. Nell'intervallo di profondità della fondazione, le onde riflesse e rifratte sono so-

range of the Fourier spectrum of automobile vibration [20], [21], [22]. Besides, the 3D vibration at CD-5, which is 25 m away from the top centerline position, where the building is located at was magnified, an evidence to the impact of building foundation on ground vibration amplification.

This impact arises from the reflection of vibration wave when it propagates through the interface between different materials. In a non-uniform medium, the propagation of vibration wave is subjected to multiple changes, because different materials have different reflection and transmis-



(a) direzione Z *(a) Z-direction* (b) direzione X *(b) X-direction* (c) direzione Y *(c) Y-direction*

Fig. 7 - Ampiezza di accelerazione della vibrazione.
Fig. 7 - Vibration acceleration amplitude.

vrapposte all'onda di vibrazione originale, conducendo all'amplificazione della vibrazione del terreno nell'area delle fondamenta.

Grazie ai numerosi dati misurati, è possibile accertare la legge di attenuazione dell'ampiezza di accelerazione delle vibrazioni a diverse frequenze attraverso un'analisi di 1/3 di ottava. Per osservare la legge dell'amplificazione delle vibrazioni a frequenze diverse, l'ampiezza di accelerazione della vibrazione in ciascun punto di misurazione è stata calcolata su diverse bande di frequenza (Fig. 7), è stata calcolata l'ampiezza della vibrazione in ogni punto di misurazione (Tabella 1) e sono state tracciate l'attenuazione della media e delle massime ampiezze di vibrazione in tre direzioni (Fig. 8).

Come mostrato nella Fig. 7, l'ampiezza di accelerazione della vibrazione 3D nell'edificio più vicino (CD-5), a 25 m dalla posizione della linea centrale superiore, in ciascuna direzione è la seguente:

- nella direzione Z, l'ampiezza era rispettivamente di 5.3 dB, 1.63 dB e 2.35 dB superiore a quella del CD-4 nella banda delle basse frequenze (1~20 Hz), nella banda delle frequenze medie (25~31.5 Hz) e nella banda ad alta frequenza (40~80 Hz);
- nella direzione X, l'ampiezza era maggiore di 3,48 dB rispetto a quella del CD-4 nella banda delle basse frequenze, e lo stesso con quella delle bande di media e alta frequenza;
- nella direzione Y, l'ampiezza era di 2,79 dB, 1,3 dB e 1,83 dB superiore a quella del CD-4 rispettivamente nelle bande di bassa, media e alta frequenza. Pertanto, l'amplificazione delle vibrazioni avviene principalmente nella banda delle basse frequenze piuttosto che nelle bande di media e alta frequen-

sion energies and the damping absorption coefficients. The vibration wave propagating in the soil is reflected and refracted when it reaches the shallow foundation of the nearer building. In the depth range of the foundation, the reflected and refracted waves are superimposed with the original vibration wave, leading to the amplification of ground vibration in the foundation area.

Thanks to the numerous measured data, it is possible to ascertain the attenuation law of vibration acceleration amplitude at different frequencies through 1/3 octave analysis. To observe the law of vibration amplification at different frequencies, the vibration acceleration amplitude at each measuring point was calculated at different frequency bands (Fig. 7), the vibration amplitude at each measuring point was computed (Table 1), and the attenuation of mean and maximum vibration amplitudes in three directions was plotted (Fig. 8).

As shown in Fig. 7, the 3D vibration acceleration amplitude at the nearer building (CD-5), 25 m away from the top centerline position, in each direction is as follows:

Tabella 1 – *Table 1*

Livelli di vibrazione in ogni punto di misurazione (unità: dB)
Vibration levels at each measuring point (unit: dB)

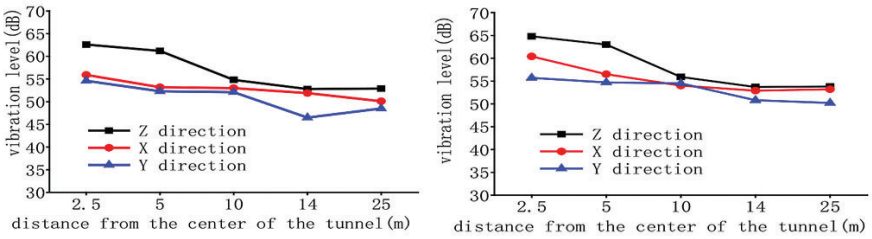
Punto di misurazione ***Measuring point***		**CD-1**	**CD-2**	**CD-3**	**CD-4**	**CD-5**
direzione Z *Z direction*	media *the average*	62.6	61.2	54.8	52.8	52.9
	massimo *the maximum*	64.8	63	55.9	53.7	53.8
direzione X *X direction*	media *the average*	55.9	53.2	53	51.9	50.1
	massimo *the maximum*	60.4	56.5	54	52.9	53.2
direzione Y *Y direction*	media *the average*	54.6	52.3	52.1	46.5	48.5
	massimo *the maximum*	55.7	54.7	54.5	50.8	50.2

za. Questa conclusione si ritrova nelle constatazioni in [10].

Con l'ampiezza della vibrazione come indice di valutazione, le evidenze possono essere ricavate dalla Tabella 1 e dalla Fig. 8:

– con l'aumento della distanza dalla posizione centrale superiore, la vibrazione nella direzione Z si attenua rapidamente all'inizio, e poi si attenua rallentando e anche leggermente rimbalzando quando la distanza era abbastanza lunga (25 m);
– con l'aumento della distanza dalla posizione centrale superiore, le vibrazioni nelle direzioni X e Y hanno mostrato un andamento di attenuazione lento. L'attenuazione non era evidente nella posizione dell'edificio più vicino (25 m). L'amplificazione e l'attenuazione delle vibrazioni differivano dai valori rappresentativi e la entità totale di cambiamento era così piccola da essere trascurabile.

Questo perché l'edificio più vicino è sufficientemente lontano dalla posizione centrale superiore. Molta energia delle onde di vibrazione è assorbita nel terreno. Nel complesso, l'ingrandimento della vibrazione non è evidente con l'ampiezza della vibrazione come indice di valutazione.



(a) Ampiezza di vibrazione media
(a) Mean vibration amplitude

(b) Ampiezza di vibrazione massima
(b) Maximum vibration amplitude

Fig. 8 - Attenuazione dell'ampiezza media e massima della vibrazione in tre direzioni.

Fig. 8 - Attenuation of mean and maximum vibration amplitudes in three directions.

5. Analisi numerica

Nel segmento della metropolitana, ci sono due linee parallele ad una distanza di 10 m. Se sono simulate due linee come modelli semi-strutturali, la sollecitazione nel tunnel equivale a quella di un tunnel di due linee con la stessa direzione del treno, condizione non con la situazione attuale. Pertanto, le due linee sono generalmente considerate una linea come mostrato in [23]. Per ridurre la pesantezza del calcolo, il presente documento descrive la modellazione semi-strutturale 2D di una sola linea. Le condizioni al contorno sono le seguenti:

– la superficie superiore e la superficie interna del rivestimento del tunnel sono state trattate come superfici libere;
– lo spostamento fuori dal piano vincolato è stato applicato al piano simmetrico;
– la superficie inferiore e altre superfici contratte sono state considerate come confini artificiali.

Sui nodi del limite ideale, l'elemento di smorzamento a molla, come mostrato nella Fig. 9, viene usato per rendere il limite viscoelastico, in cui X è la direzione tangenziale e Y è la direzione normale lungo il confine.

5.1. Parametri del modello

Il modello di deformazione del piano 2D del tunnel-suolo-fondamenta-edificio è stato creato in ANSYS. È stato adottato un modello del suolo semi-infinito consi-

– *in Z-direction, the amplitude was 5.3 dB, 1.63 dB and 2.35 dB greater than that at CD-4 in the low-frequency band (1~20 Hz), the medium-frequency band (25~31.5 Hz) and the high-frequency band (40~80 Hz), respectively;*
– *in the X-direction, the amplitude was 3.48 dB greater than that at CD-4 in the low-frequency band, and the same with that in both the medium- and high-frequency bands;*
– *in the Y-direction, the amplitude was 2.79 dB, 1.3 dB and 1.83 dB greater than that at CD-4 in the low-, medium- and high-frequency bands, respectively. Thus, the vibration amplification mainly happens in the low-frequency band rather than the medium- and high-frequency bands. This conclusion echoes with the finding in Reference [10].*

With vibration amplitude as the evaluation index, the following laws can be derived from Table 1 and Fig. 8:

– *with the increase in the distance to the top centerline position, the vibration in the Z-direction attenuated rapidly at first, and then attenuated slowed and even slightly rebounded when the distance was long enough (25 m);*
– *with the increase in the distance to the top centerline position, the vibrations in the X- and Y- directions exhibited a slow attenuation trend. The attenuation was not obvious at the location of the nearer building (25m). The vibration amplification and attenuation differed with the representative values, and the total amount of change was so small as to be negligible.*

This is because the nearer building is far enough from the top centerline position. Lots of vibration wave energy are absorbed in the soil. Overall, the vibration magnification is not obvious with vibration amplitude as the evaluation index.

5. Numerical analysis

In the metro segment, there are two parallel lines with a spacing of 10 m. If the two lines are simulated as semi-structural models, the load in the tunnel is equivalent to that in a tunnel of two lines with the same train direction,

derando la simmetria del terreno. La semi-struttura è lunga 70 m e larga 60 m.

Come mostrato nella Tabella 2, i parametri fisico-meccanici del terreno si riferiscono a quelli dello strato di terreno soffice di Shanghai. Dopo la modellazione, secondo il principio che la velocità approssimativa dell'onda di taglio può essere classificata come per lo stesso strato, il terreno è stato semplificato in tre strati.

Nella Tabella 2, il primo strato è indicato come ①, il secondo strato come ②~⑥ e il terzo strato come ⑦~⑨.

Inoltre, il rapporto di smorzamento del terreno è stato impostato a 0,05, la profondità del tunnel a 11,5 m, il raggio del tunnel a 3,1 m e lo spessore del rivestimento a 0,35 m. L'edificio vicino è una struttura a 5 strati alta 3 m con una campata di 4 m, una sezione del fascio di 300 mm × 500 mm e una sezione di colonna di 500 mm x 500 mm. Il fascio, la colonna e il rivestimento del tunnel sono tutti realizzati in calcestruzzo C30 con modulo elastico $3.0x10^4$ *MPa*, il rapporto di Poisson è 0,2 e la densità è *2600 kg/m*^{3}. Il carico vivo sul piano di riferimento del binario viene convertito alla densità del pavimento per metà del carico fisso. È stato adottato il carico sull'arco rovescio di detto tunnel [22]. I campioni sono stati raccolti da 27.900 punti alla frequenza di 3.000 Hz. Il caricamento è durato 9,3 secondi (Fig. 10). In ANSYS, il linguaggio apdl viene utilizzato per simulare il movimento

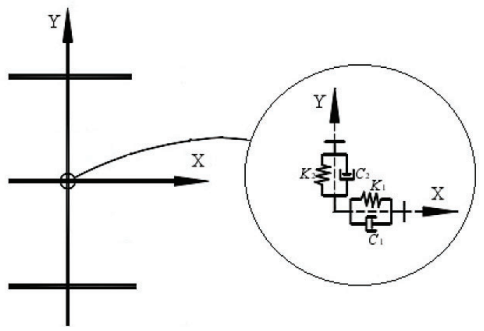


Fig. 9 - Elemento smorzante a molla sul confine artificiale viscoelastico.
Fig. 9 - Spring-damping element on viscoelastic artificial boundary.

which goes contrary to the actual situation. Therefore, the two lines are generally considered as one line [23]. To reduce the computing load, this paper carries out the 2D semi-structural modelling of only one line. The boundary conditions are as follows:

- *the top surface and the inner lining surface of the tunnel were treated as free surfaces;*
- *the constrained out-of-plane displacement was applied to the symmetric plane;*

Tabella 2 – *Table 2*

Parametri fisici e meccanici dello strato di terreno soffice a Shanghai
Physical and mechanical parameters of the soft soil layer in Shanghai

Numero di serie del terreno ***Soil serial number***	**Tipo di terreno** ***Soil type***	**Profondità** ***Dept*** **(m)**	**Densità** ***Density*** **(kN/m^3)**	**Razione di Poisson** ***Poisson's ration***	**Velocità media dell'onda di taglio** ***Average velocity of shear wave*****(m/s)**	**Modulo elastico** ***Elastic modulus*** **(MPa)**	**Modulo di taglio** ***Shear modulus*** **(Mpa)**
①	Terreni compatti *Packed solis*	1,53	19,0	0,29	110	54,4	21,1
②	Argilla limosa *Silty clay*	3,33	19,5	0,29	150	103,9	40,3
③	Argilla limosa fangosa *Muddy silty clay*	8,83	17,4	0,29	190	148,7	57,6
④	Argilla sporca *Mucky clay*	15,65	16,9	0,26	140	76,6	30,4
⑤	Argilla *Clay*	22,45	17,8	0.41	140	90,3	32,0
⑥	Argilla limosa *Silty clay*	32,85	18,1	0,29	200	171,4	66,4
⑦	Argilla limosa *Silty clay*	36,99	19,0	0,37	280	396,1	144,6
⑧	Limo *Silt*	43,17	19,0	0,37	280	386,3	141,0
⑨	Sabbia limosa fine *Silty-fine sand*	63,67	19,0	0,37	340	555,0	202,6
⑩	Sabbia fine *Fine sand*	100	20	0,37	350	615,9	224,8

della metropolitana e la velocità del treno è di 19,0 m/s. La cronologia dei tempi di accelerazione in ogni punto di misurazione viene estratta mediante analisi numerica.

5.2. Verifica del modello

La Fig. 11 mostra il confronto tra la legge di attenuazione del livello di vibrazione in direzione Z della simulazione numerica e quella della misura del campo. Il CD4 della misura del campo si trova a 14 m dal tunnel. Per comodità di confronto, la Fig. 11 mostra la vibrazione in una posizione approssimativa di 15 m.

Poiché:

– il risultato della simulazione numerica è significativamente più alto di quello della misura del campo, il che indica che il risultato del calcolo è sul lato grande. La ragione principale è che il modello di sforzo del piano è considerato con uno spessore di 1 m, senza considerare l'impatto del terreno sulla vibrazione al di fuori del modello del piano. Infatti, il carico ascendente dell'arco del tunnel con elevata rigidità si distribuisce verticalmente in un intervallo più lungo. Cioè, la rigidità complessiva del tunnel indebolisce significativamente il picco dell'azione, ma il modello del piano non può essere considerato;

– la curva della simulazione numerica è quasi parallela a quella della misura del campo, che indica che il risultato della simulazione numerica sul livello di vibrazione è credibile.

Pertanto, il modello di elementi finiti che stabiliamo può riflettere qualitativamente la legge di variazione della vibrazione, ma non può descrivere quantitativamente la forza specifica della vibrazione.

5.3. Impatti dall'edificio più vicino

L'edificio a cinque strati con fondamenta "a scatola" è stato simulato come elemento di contatto delle fondamenta-terreno; l'edificio a cinque strati con fondamenta "a scatola" e il campo libero, sono stati entrambi simulati in condizioni al contorno viscoelastiche. L'edificio si trova a 10 m dalla posizione centrale superiore. Sono stati adottati i parametri nel § 5.1 per la simulazione numerica (Fig. 12). La Fig. 13 mostra la variazione nella vibrazione del terreno.

Come si può vedere dalla Fig. 13, la vibrazione dell'edificio a 10 m dalla posizione centrale superiore è la seguente:

– l'ampiezza della vibrazione verticale è stata ingrandita tra 0 m e 35 m dalla posizione della linea centrale superiore;

– l'ampiezza della vibrazione orizzontale è stata ingrandita a 10 m dalla posizione della linea centrale superiore e la velocità di attenuazione è stata rapida tra 20 m e 40 m, anche inferiore a quella del campo aperto.

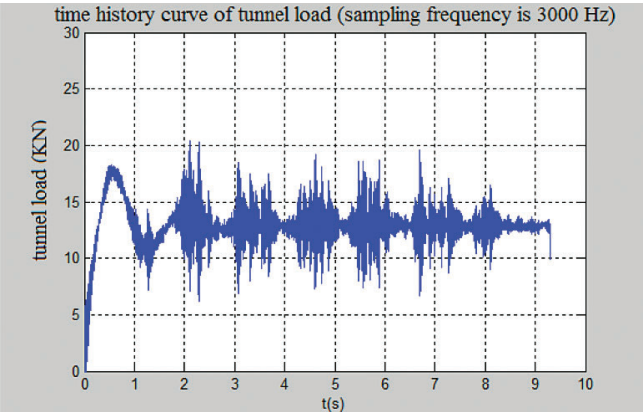


Fig. 10 - Cronologia temporale del carico sull'arco invertito del tunnel.

Fig. 10 - Time history of the load on the inverted arch of the tunnel.

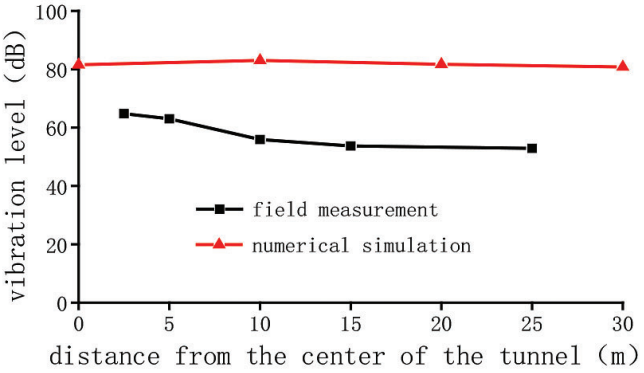


Fig. 11 - Legge di attenuazione del livello di vibrazione in direzione Z.

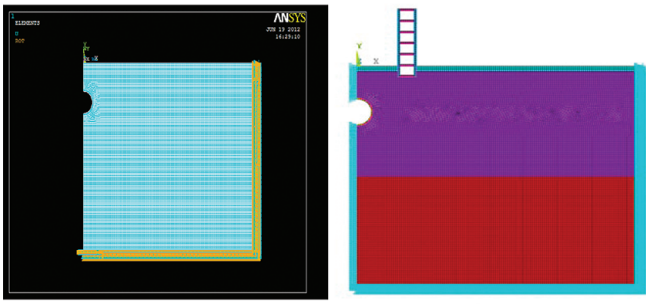
Fig. 11 - Attenuation law of the Z vibration level.

– *the bottom surface and other contracted surfaces were deemed as artificial boundaries.*

On the nodes of artificial boundary, the spring damping element as shown in Fig. 9 is used to make the boundary become viscoelastic artificial boundary, in which X is the tangential direction and Y is the normal direction along the boundary.

5.1. Model parameters

The 2D plane strain model of tunnel-soil-foundation-building was created by ANSYS. The semi-infinite soil model was adopted considering the symmetry of the soil. The semi-structure is 70 m long and 60 m wide. As shown in Table 2, the physical-mechanical parameters of the soil refer to those of the soft soil layer in Shanghai. After modelling, according to the principle that the approximate shear wave velocity can classified as the same layer, the soil was simplified into three layers. In Table 2, the first layer is denoted as ①, the second layer as ②~⑥ and the third layer as ⑦~⑨.



(a) (b)

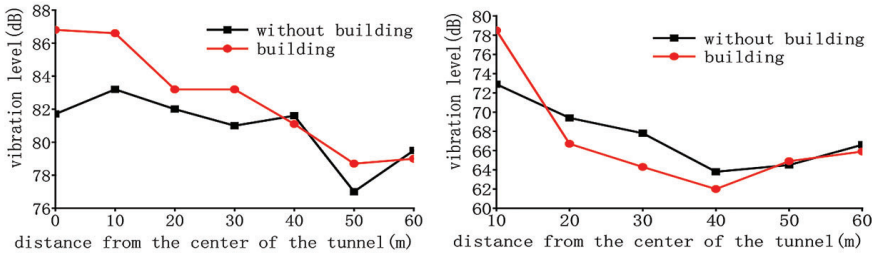
Fig. 12 - Simulazione numerica 2D del campo aperto e dell'edificio più vicino: (a) campo aperto (contorno viscoelastico); (b) fondamenta a scatola (elemento di contatto terreno-fondamenta).

Fig. 12 - 2D numerical simulation of open field and the nearer building: (a) open field (viscoelastic boundary); (b) box foundation (soil-foundation contact element).

Pertanto, l'ampiezza della vibrazione verticale viene amplificata tra 10 m e 15 m dall'edificio, mentre l'ampiezza della vibrazione orizzontale viene amplificata solo nella posizione dell'edificio; l'attenuazione aumenta di velocità con l'aumento della distanza dall'edificio. Comparativamente, la fondazione dell'edificio ha una maggiore influenza sulle vibrazioni verticali rispetto alle vibrazioni orizzontali.

5.4. Impatti della posizione e del numero di edifici sulla vibrazione della superficie

Gli impatti della posizione e del numero di edifici sulla vibrazione della superficie sono stati identificati in base a tre diverse condizioni di lavoro (WCs). Nelle prime e seconde WCs, vi è solo un edificio il cui confine sinistro è lontano rispettivamente 10 m e 25 m dalla posizione centrale superiore; nelle terze WCs, ci sono due edifici i cui contorni di



(a) ampiezza verticale
(a) vertical amplitude

(b) ampiezza orizzontale
(b) horizontal amplitude

Fig. 13 - Livello di variazione nella vibrazione del terreno (livello di variazione dell'accelerazione).

Fig. 13 - Variation level in ground vibration (acceleration variation level).

In addition, the damping ratio of the soil was set to 0.05, the tunnel depth to 11.5 m, the tunnel radius to 3.1 m and the lining thickness to 0.35 m. The near building is a 3 m-tall 5-layer structure with a 4 m span, a 300 mm × 500 mm beam section and a 500 mm × 500 mm column section. The beam, column and tunnel lining are all made of C30 concrete with elastic modulus is 3.0×10^4 *MPa, Poisson's ratio is 0.2 and density is* 2600 *kg/m³. The live load on the floor is converted to the density of the floor by half of the dead load. The load on the inverted arch of the said tunnel was adopted [22]. The samples were collected from 27,900 points at the frequency of 3,000 Hz. The loading lasted 9.3 s (Fig. 10). In the ANSYS, the apdl language is used to simulate the metro moving, and the train speed is 19.0 m/s. The acceleration time history at each measuring point is extracted by numerical analysis.*

5.2. Model verification

The comparison between attenuation law of the Z vibration level of the numerical simulation and that of the field measure is shown in Fig. 11. The CD4 of the field measure is located at 14 m from the tunnel. For the convenience of comparison, the vibration at an approximate position of 15 m is shown in Fig. 11.

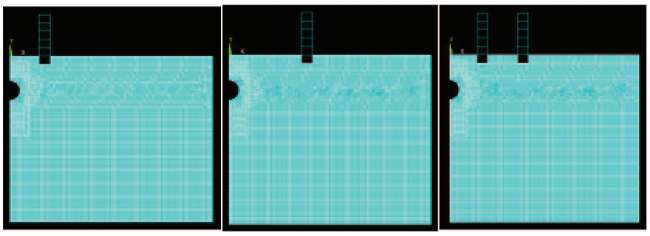
By contrast:

- *the result of the numerical simulation is significantly higher than that of the field measure, which indicating that the calculation result is on the large side. The main reason is that the plane strain model is considered at a thickness of 1 m, without considering the impact of soil on vibration outside the plane model. In fact, the upward arch load of the tunnel with high stiffness vertically distributes in a longer range. That is, the overall stiffness of the tunnel significantly weakens the peak of the action, but the plane model cannot be considered;*
- *the curve of the numerical simulation is almost parallel to that of field measure, which indicating that the result of the numerical simulation about vibration level is credible.*

Therefore, the finite element model that we establish can qualitatively reflect the variation law of vibration, but it cannot quantitatively describe the specific strength of vibration.

5.3. Impacts from the nearer building

The five-layer building with a box foundation was simulated as soil-foundation contact element, the five-layer building with a box foundation and the open field were both simulated under viscoelastic boundary condi-



(a) WC1 (b) WC2 (c) WC3

Fig. 14 - Modelli di tunnel-terreno-edificio.
Fig. 14 - Tunnel-soil-building models.

sinistra sono rispettivamente 10 m e 25 m dalla posizione centrale superiore. I modelli agli elementi finiti (Fig. 14) sono stati stabiliti utilizzando i parametri e le condizioni indicate nel § 5.1. Si noti che sia la fondazione che lo strato di terreno sono stati simulati come contatto fisso nei tre modelli della Fig. 14, con l'obiettivo di ridurre la pesantezza e il tempo di calcolo. Come esemplificazione, qui viene presentato solo lo spettro di frequenza della terza WC (Fig. 15).

Le Figg. 16 e 17 mostrano rispettivamente l'ampiezza di accelerazione della vibrazione sulla superficie e la fondazione (-3 m) a diverse distanze dalla posizione centrale superiore. Come mostrato nelle due figure, la zona di amplificazione della vibrazione orizzontale è 3~5 m dietro quella verticale. In base alla variazione delle ampiezze di accelerazione di vibrazione della superficie e delle fondamenta (-3 m) (Tabella 3), sia l'ampiezza verticale che quella orizzontale dell'accelerazione della vibrazione sulla superficie e fondazione diminuivano con l'aumento della distanza dalla posizione centrale superiore ma aumentavano nelle posizioni locali.

Le seguenti evidenze nelle variazioni di vibrazione possono essere ottenute dalla Tabella 3. Innanzitutto, sia le ampiezze di vibrazione verticali che quelle orizzontali della superficie e della fondazione sono state aumentate in tutte e tre le condizioni, tranne la vibrazione orizzontale sulla superficie del WC2 e le vibrazioni alla fondazione del WC3; la distanza dalla posizione centrale superiore è correlata positivamente con la variazione della vibrazione orizzontale sulla superficie e negativamente con la variazione della vibrazione verticale sulla superficie. In secondo luogo, l'ambito dell'amplificazione delle vibrazioni

tions. The building is located 10 m away from the top centerline position. The parameters in § 5.1 were adopted for numerical simulation (Fig. 12). The variation in ground vibration is shown in Fig. 13.

As can be seen from Fig. 13, the vibration of the building at 10 m away from the top centerline position is as follows:

- *the vertical vibration amplitude was magnified between 0 m and 35 m from the top centerline position;*
- *the horizontal vibration amplitude was magnified at 10 m away from the top centerline position, and the attenuation speed was fast between 20 m and 40 m, even lower than that of the open field.*

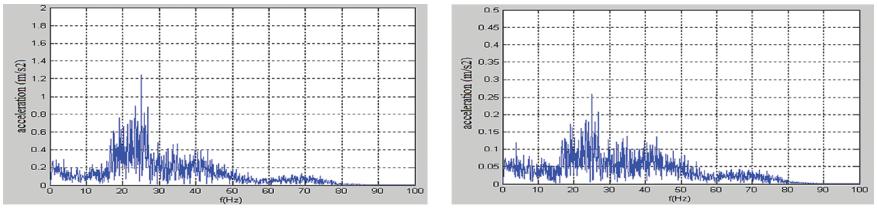
Therefore, the vertical vibration magnitude is amplified between 10 m and 15 m away from the building, while the horizontal vibration magnitude is amplified only at the position of the building; the attenuation picks up speed with the increase in the distance from the building. Comparatively, the building foundation has a greater scope of influence on vertical vibration than on horizontal vibration.

5.4. Impacts of the position and number of buildings on surface vibration

The impacts of the position and number of buildings on surface vibration were identified against three different working conditions (WCs). Under the first and second WCs, there is only one building whose left boundary is 10 m and 25 m away from the top centerline position, respectively; under the third WC, there are two buildings whose left boundaries are 10 m and 25 m away from the top centerline position, respectively. The finite-elements models (Fig. 14) were established using the parameters and loads in § 5.1. Note that both the foundation and the soil layer were simulated as fixed contact in the three models in Fig. 14, aiming to reduce the computation load and time. Due to the lack of space, only frequency spectrum of the third WC are presented here (Fig. 15).

Figs 16 and 17 respectively show the vibration acceleration amplitude on the surface and the foundation (-3 m) at different distances from the top centerline position. As shown in the two figures, the horizontal vibration amplification zone is 3~5 m behind the vertical one. According to the variation in surface and foundation (-3 m) vibration acceleration amplitudes (Table 3), both the vertical and horizontal amplitudes of vibration acceleration at the surface and the foundation decreased with the increase of the distance to the top centerline position but increased at local positions.

The following regulars in vibration changes can be obtained from Table 3. First, both vertical and horizontal vibration amplitudes of the surface and the foundation were magnified in all



(a) Ampiezza verticale
(a) Vertical amplitude

(b) Ampiezza orizzontale
(b) Horizontal amplitude

Fig. 15 - Spettro di frequenza di WC3.
Fig. 15 - Frequency spectrum of WC3.

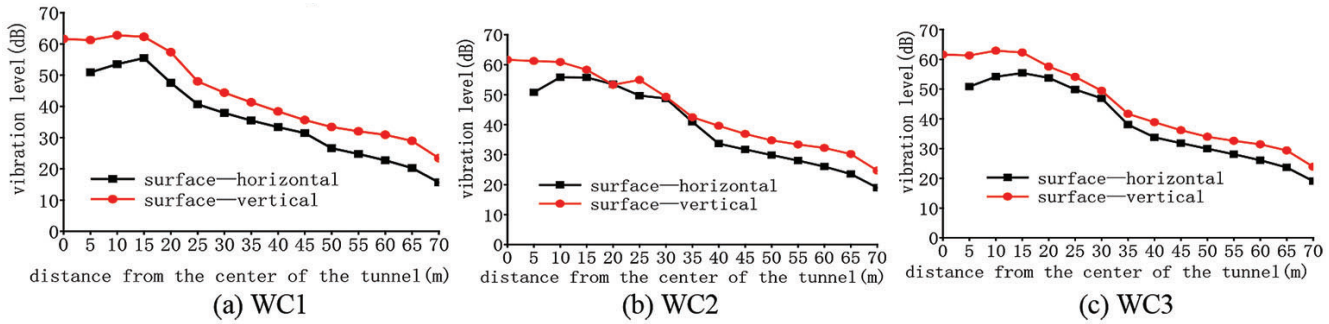


Fig. 16 - Ampiezze di accelerazione delle vibrazioni sulla superficie a diverse distanze dalla posizione centrale superiore.
Fig. 16 - Vibration acceleration amplitudes at the surface at different distances from the top centerline position.

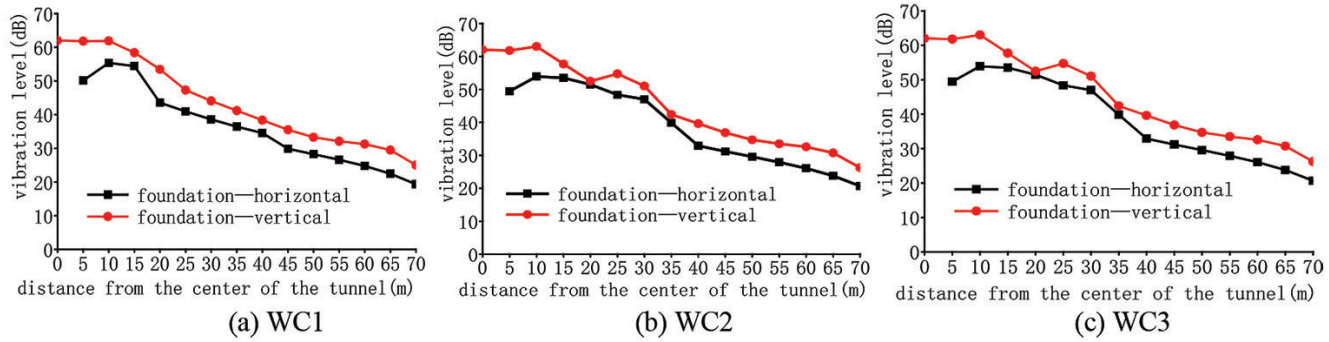


Fig. 17 - Ampiezze di accelerazione delle vibrazioni alle fondamenta (-3 m) a diverse distanze dalla posizione centrale superiore.
Fig. 17 - Vibration acceleration amplitudes at the foundation (-3 m) at different distances from the top centerline position.

orizzontali era maggiore di quello dell'amplificazione verticale delle vibrazioni in WC1 e WC3. Terzo, l'ampiezza di vibrazione verticale era piccola e l'ampiezza di vibrazione orizzontale attenuata in WC2: questo perché l'onda di vibrazione si indebolisce dopo aver percorso una lunga distanza dal tunnel e la fondazione non ha un evidente effetto di amplificazione. Questa considerazione, le vibrazioni verticali e orizzontali dell'edificio distante, hanno mostrato una tendenza decrescente; la possibile causa della diminuzione può essere spiegata come segue: vi è un edificio tra la posizione centrale superiore e l'edificio distante, in modo tale che l'onda vibratoria sia amplificata dalla fondazione dell'edificio più vicino; quando l'onda amplificata continua a viaggiare verso l'edificio distante, gran parte della sua energia rimane assorbita dallo strato di suolo; unita al debole impatto della fondazione, la poca energia residua non può essere amplificata in modo rilevante.

L'amplificazione della vibrazione a tre direzioni nella Tabella 3 mostra che la fondazione dell'edificio ha un impatto limitato sulle vibrazioni superficiali. Dopo la generazione dell'onda di vibrazione da parte del treno, la fondazione dell'edificio può aumentare l'ampiezza della vibrazione sulla superficie in tre direzioni se l'edificio si trova a soli 10~15 m dal tunnel. L'effetto dell'aumento cessa di esistere se la distanza è tra 25~30 m.

three conditions, except the horizontal vibration at the surface in WC2 and the vibrations at the foundation in WC3; the distance to the top centerline position is positively correlated with the variation in horizontal vibration at the surface and negatively with the variation in vertical vibration at the surface. Second, the scope of horizontal vibration amplification was greater than the scope of vertical vibration amplification in WC1 and WC3. Third, the vertical vibration amplitude was small and the horizontal vibration amplitude attenuated in WC2; this is because the vibration wave is weakened after travelling a long distance from the tunnel and the foundation has no obvious amplification effect. Fourth, the vertical and horizontal vibrations of the distant building exhibited a declining trend; the possible cause of the decline can be explained as: there is a building between the top centerline position and the distant building, such that the vibration wave is amplified by the nearer building foundation; when the amplified wave continues to travel to the distant building, much of its energy has been absorbed by the soil layer; coupled with the weak impact of the foundation, the few residual energy cannot be amplified significantly.

The amplification of three direction vibration in Table 3 shows that the building foundation has a limited scope of impact on surface vibration. After the train produces the

Tabella 3 – *Table 3*

Variazione delle ampiezze di accelerazione della vibrazione della superficie e delle fondamenta (-3 m) a diverse distanze dalla posizione centrale superiore
Variation in surface and foundation (-3 m) vibration acceleration amplitudes at different distances from the top centerline position

Condizioni ***Conditions***	**La distanza dalla linea mediana del tunnel** ***The distance from the middle line of the tunnel***	**Posizione** ***Position***	**Direzione del livello di vibrazione** ***Direction of vibration level***	**Modifiche** ***Changes***	**L'amplificazione della vibrazione a tre direzioni** ***The amplification of three direction vibration***
condizione di lavoro 1 (WC1) (edificio 10 metri) *working condition 1 (10 m building)*	10 m~15 m	suolo *ground*	verticale *vertical*	aumento di circa 1,5 dB *magnify about 1.5 dB*	sia la direzione verticale che quella orizzontale sono aumentate; *both vertical and horizontal direction are magnified;* l'amplificazione verticale è piccola; *the vertical magnification is small;* l'amplificazione orizzontale è grande *the horizontal magnification is large*
			orizzontale *horizontal*	aumento di circa 4,6 dB *magnify about 4.6.dB*	
		fondamenta *foundation*	verticale *vertical*	quasi nessun cambiamento *almost no change*	
			orizzontale *horizontal*	aumento di circa 4,3~5 dB *magnify about 4.3~5 dB*	
condizione di lavoro 2 (WC2) (edificio 25 m)	25 m~30 m	suolo *ground*	verticale *vertical*	aumento di circa 1,6 dB *magnify about 1.6 dB*	amplificazione verticale e attenuazione orizzontale; *vertical amplification and horizontal attenuation;* l'amplificazione verticale è piccola *vertical amplification is small*
			orizzontale *horizontal*	piccola tendenza all'attenuazione *small attenuation trend*	
		fondamenta *foundation*	verticale *vertical*	aumento di circa 2,2 dB *magnify about 2.2 dB*	
			orizzontale *horizontal*	piccola tendenza all'attenuazione *small attenuation trend*	
condizioni di lavoro (due edifici)	10 m~15 m	suolo *ground*	verticale *vertical*	aumento di circa 1,6 dB *magnify about 1.6 dB*	sia la direzione verticale che quella orizzontale sono aumentate; *both vertical and horizontal direction are magnified;* l'amplificazione verticale è piccola *the vertical magnification is small;* l'amplificazione orizzontale è grande (l'amplificazione è la stessa della condizione di lavoro 1) *the horizontal magnification is large (Magnification is the same as working condition 1)*
			orizzontale *horizontal*	aumento di circa 4,6 dB *magnify about 4.6 dB*	
		fondamenta *foundation*	verticale *vertical*	aumento di circa 1,6 dB *magnify about 1.6 dB*	
			orizzontale *horizontal*	aumento di circa 5,1 dB *magnify about 5.1 dB*	
	25 m~30 m	suolo *ground*	verticale *vertical*	piccola tendenza all'attenuazione *small attenuation trend*	riduzione sia verticale che orizzontale *both vertical and horizontal reduction*
			orizzontale *horizontal*	piccola tendenza all'attenuazione *small attenuation trend*	
		fondamenta *foundation*	verticale *vertical*	piccola tendenza all'attenuazione *small attenuation trend*	
			orizzontale *horizontal*	piccola tendenza all'attenuazione *small attenuation trend*	

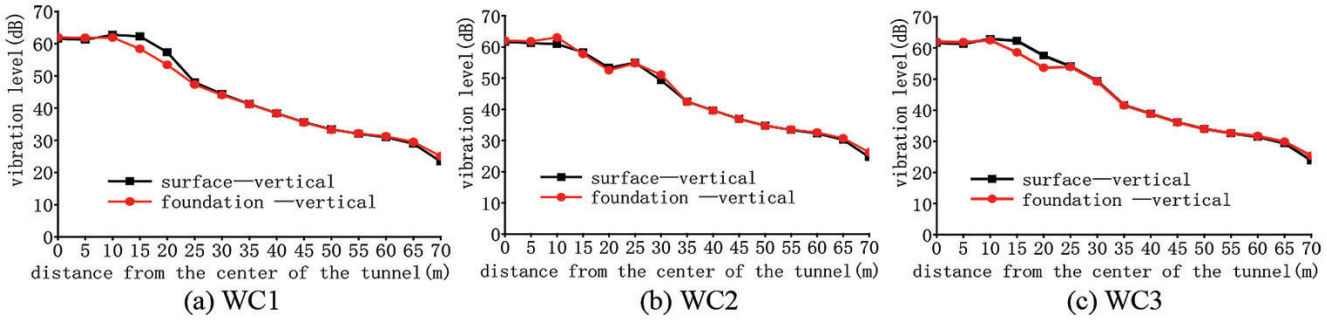


Fig. 18 - Distribuzione verticale delle vibrazioni dalla fondazione alla superficie nella stessa posizione.
Fig. 18 - Vertical vibration distribution from the foundation to the surface at the same position.

La Fig.18 mostra la variazione di vibrazione dalla fondazione alla superficie nella stessa posizione. La vibrazione della superficie a 10~25 m è maggiore di 3.9 dB rispetto a quella della fondazione in WC1; la vibrazione di superficie è coerente con la vibrazione della fondazione in WC2; la vibrazione di superficie a 10~25 m è 3,8 dB maggiore di quella della fondazione in WC3.

Per riassumere:

- quando un edificio è costruito sulla superficie, le ampiezze di vibrazione verticali e orizzontali saranno leggermente aumentate; l'allargamento orizzontale è maggiore dell'allargamento verticale;
- la distanza tra l'edificio di superficie e la posizione centrale superiore è correlata positivamente con l'impatto dell'edificio sulla vibrazione verticale sulla superficie e negativamente con l'impatto dell'edificio sulla vibrazione orizzontale;
- in un campo aperto, la vibrazione di superficie è inferiore alla vibrazione della fondazione; nella posizione dell'edificio, la vibrazione di superficie è maggiore della vibrazione della fondazione, grazie all'effetto amplificazione; questo effetto si indebolisce gradualmente ma leggermente con l'aumento della distanza dall'edificio;
- quando due edifici sono costruiti a distanze diverse dalla posizione centrale superiore, non saranno amplificate né le vibrazioni verticali né le vibrazioni orizzontali sulla superficie lontana dall'edificio a distanza.

6. Conclusioni

Questo documento analizza le vibrazioni in superficie causate dall'esercizio del treno in un sistema di transito "rapid transit" attraverso misurazioni in campo e la simulazione numerica. Possono essere presentate le seguenti conclusioni dalla ricerca.

Con l'ampiezza della vibrazione come indice di valutazione, l'aumento della vibrazione non è evidente a 25 m dalla posizione della linea centrale superiore. La legge di attenuazione dell'ampiezza di accelerazione delle vibrazioni a

vibration wave, the building foundation can magnify the vibration amplitude on the surface in three directions if the building is only 10~15 m away from the tunnel. The magnification effect ceases to exist if the distance falls in 25~30 m.

Fig. 18 illustrates the vibration variation from the foundation to the surface at the same position. The surface vibration in 10~25 m was 3.9 dB greater than that of the foundation in WC1; the surface vibration was consistent with the foundation vibration in WC2; the surface vibration in 10~25 m was 3.8 dB greater than that of the foundation in WC3.

To sum up:

- *when a building is constructed on the surface, the vertical and horizontal vibration amplitudes will be boosted slightly; the horizontal enlargement is greater than the vertical enlargement;*
- *the distance between the surface building and the top centerline position is positively correlated with the building's impact on vertical vibration at the surface and negatively with the building's impact on horizontal vibration;*
- *on an open field, the surface vibration is smaller than the foundation vibration; at the position of the building, the surface vibration is greater than the foundation vibration, thanks to the amplification effect; this effect weakens gradually but slightly with the increase in the distance from the building;*
- *when two buildings are constructed at different distances from the top centerline position, neither vertical nor horizontal vibrations will be amplified at the surface far from the distance building.*

6. Conclusions

This paper analyses the surface vibration caused by train operation in a rapid transit system through field measurement and numerical simulation. The following conclusions are put forward through the research.

diverse frequenze può essere ottenuta facilmente attraverso un'analisi di 1/3 di ottava. L'amplificazione delle vibrazioni avviene principalmente nella banda delle basse frequenze piuttosto che nelle bande di media e alta frequenza.

Pertanto, l'ampiezza della vibrazione verticale viene amplificata tra 10 m e 15 m dall'edificio, mentre l'ampiezza della vibrazione orizzontale viene amplificata solo nella posizione dell'edificio: l'attenuazione aumenta con l'aumento della distanza dall'edificio. Comparativamente, la fondazione dell'edificio ha una maggiore influenza sulle vibrazioni verticali rispetto alle vibrazioni orizzontali.

Le ampiezze di vibrazione verticali e orizzontali diminuiscono con l'aumento della distanza tra la superficie e le posizioni della fondazione dalla posizione centrale superiore ma aumentano in corrispondenza delle posizioni locali. La zona di amplificazione della vibrazione orizzontale è 3~5 m dietro quella verticale. In un campo aperto, la vibrazione di superficie è inferiore alla vibrazione di fondazione; nella posizione dell'edificio, la vibrazione di superficie è maggiore della vibrazione di fondazione.

La fondazione dell'edificio ha un impatto limitato sulle vibrazioni in superficie. Dopo la generazione dell'onda di vibrazione da parte del treno, la fondazione dell'edificio può aumentare l'ampiezza della vibrazione sulla superficie in tre direzioni se l'edificio si trova a soli 10~15 m dal tunnel. L'effetto dell'aumento cessa di esistere se la distanza è tra 25~30 m.

Quando un edificio è costruito sulla superficie, le ampiezze di vibrazione verticali e orizzontali saranno leggermente amplificate; l'aumento orizzontale è maggiore di quello verticale; la distanza tra l'edificio in superficie e la posizione centrale superiore è correlata positivamente con l'impatto dell'edificio sulla vibrazione verticale in superficie e negativamente con l'impatto dell'edificio sulla vibrazione orizzontale.

In un campo aperto, la vibrazione di superficie è inferiore alla vibrazione di fondazione; nella posizione dell'edificio, la vibrazione di superficie è maggiore della vibrazione di fondazione, grazie all'effetto di amplificazione: questo effetto si attenua gradualmente ma leggermente con l'aumento della distanza dall'edificio.

Quando due edifici sono costruiti a distanze diverse dalla posizione centrale superiore, non sono amplificate né le vibrazioni verticali né le vibrazioni orizzontali in superficie lontano dall'edificio a distanza (maggiore di 25 m).

Questo lavoro è supportato dal fondo nazionale per le scienze naturali (51708450); Progetto della Fondazione Scienza Postdottorale della Cina (2018M643702); Progetto di ricerca di base di scienze naturali nella Provincia di Shaanxi (2018JQ5169); Progetto della Fondazione postdottorale provinciale di Shaanxi (2018BSHEDZZ22); Ph. D. Progetto Start-up di ricerca (107-451115002); Progetto di ricerca scientifica a livello scolastico (2016CX025).

With vibration amplitude as the evaluation index, the vibration magnification is not obvious at 25 m away from the top centerline position. The attenuation law of vibration acceleration amplitude at different frequencies can be obtained easily through 1/3 octave analysis. The vibration amplification mainly happens in the low-frequency band rather than the medium- and high-frequency bands.

The vertical vibration magnitude is amplified between 10 m and 15 m away from the building, while the horizontal vibration magnitude is amplified only at the position of the building; the attenuation picks up speed with the increase in the distance from the building. Comparatively, the building foundation has a greater scope of influence on vertical vibration than on horizontal vibration.

The vertical and the horizontal vibration amplitudes both decreased with the increase in the distance between the surface and foundation positions from the top centerline position but increased at local positions. The horizontal vibration amplification zone is 3~5 m behind the vertical one. On an open field, the surface vibration is smaller than the foundation vibration; at the position of the building, the surface vibration is greater than the foundation vibration.

The building foundation has a limited scope of impact on surface vibration. After the train produces the vibration wave, the building foundation can magnify the vibration amplitude on the surface in three directions if the building is only 10~15 m away from the tunnel. The magnification effect ceases to exist if the distance falls in 25~30 m.

When a building is constructed on the surface, the vertical and horizontal vibration amplitudes will be boosted slightly; the horizontal enlargement is greater than the vertical enlargement; the distance between the surface building and the top centerline position is positively correlated with the building's impact on vertical vibration at the surface and negatively with the building's impact on horizontal vibration.

On an open field, the surface vibration is smaller than the foundation vibration; at the position of the building, the surface vibration is greater than the foundation vibration, thanks to the amplification effect; this effect weakens gradually but slightly with the increase in the distance from the building.

When two buildings are constructed at different distances from the top centerline position, neither vertical nor horizontal vibrations will be amplified at the surface far from the distance building (bigger than 25 m).

This work is supported by the national natural science fund (51708450); China Postdoctoral Science Foundation Project (2018M643702); Basic Research Project of Natural Science in Shaanxi Province(2018JQ5169); Shaanxi Provincial Postdoctoral Foundation Project (2018BSHEDZZ22); Ph. D. Research Start-up Project (107-451115002); School-level Scientific Research Project (2016CX025).

BIBLIOGRAFIA - *REFERENCES*

[1] Liu W.N., Xia H., *"Environmental response of subway train vibration",* Nanjing 1996, pp. 586-593.

[2] Xia H., Zhang N., Cao Y.M., *"Experimental study of train-induced vibrations of ground and nearby buildings",* Journal of the China Railway Society 2004, 4, pp. 93-98.

[3] Xia H., *"Characteristics of traffic induced vibrations and their effects on environments",* TIVC2001, 2001.

[4] Degrande G., Lombaert G., *"High-speed train induced free field vibrations: in situ measurements and numerical modeling",* Bochum, Proc. Wave 2000.

[5] Li R.D., Zhang H.R., Liu W.N., *"Testing and analysis of Metro-Induced ground vibrations response near Beijing metro line 1",* Journal of Beijing Jiaotong University 2007, (4), pp. 31-34.

[6] Li R.D., Zhang H.R., Liu W.N., *"Metro-induced ground vibrations and their impacts on precision instrument",* Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering 2008, (1), pp. 206-214.

[7] Li R.D., Liu W.N. Zhang, H.R., *"Test analysis of metro induced ground vibrations at interval",* China Railway Science 2008, (1), pp. 120-126.

[8] Yan W.N., Nie H., Ren M. *"In situ experiment and analysis of ground surface vibration induced by urban subway transit",* Journal of Railway Science and Engineering 2006, (2), pp. 1-5.

[9] Wang F.T., Tao X.X., Zheng X., *"PSD correction method for removing background vibration from traffic environmental vibration observation",* Journal of Vibration and Shock 2011, (4), pp. 124-126.

[10] Yan W.N., Zhang Y., Ren M., *"In situ experiment and analysis of environmental vibration induced by urban subway transit",* Journal of Beijing University of Technology 2006, (2), pp. 149-154.

[11] Thompson D., *"Railway noise and vibration: mechanisms, modelling and means of control",* Elsevier Science & Technology 2008, (4): 21-25.

[12] Fujikake T., *"A prediction method for the propagation of ground vibration from railway trains on level tracks with welded rails",* Journal of Sound & Vibration 1986, (2), pp. 289-297.

[13] Wang F.T., Tao X.X., Cui G.H., *"Test in situ for free ground vibration near urban railway line",* Journal of Vibration and Shock 2011, (5), pp. 131-135.

[14] Yan W.M., Nie H., Ren M., *"In situ experiment and analysis of environmental vibration induced by urban subway transit",* Earthquake Engineering and Engineering Vibration 2006, (4), pp. 187-191.

[15] Liu W.N., Xia H., Guo W.J., *"Study of vibration effects of underground trains on surrounding environments",* Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering 1996, (s1), pp. 586-593.

[16] Ma M., *"Study on the prediction of metro train-induced vibrations based on sensitivity of environmental influence and design stage-accompanied evaluation system",* Beijing Jiaotong University 2012.

[17] Ma M., *"Track selection system for Beijing subway according to the sensitivity of environmental vibrations-research proposal",* Delft: Delft University of Technology & Beijing Jiaotong University 2010.

[18] Wang W.B., *"Study on metro train-induced environmental vibration and transfer function prediction based on pulse experiment method",* Beijing Jiaotong University 2011.

[19] ISO2631/1, *"Mechanical vibration and shock-evaluation of human exposure to whole body vibration-Part 1: General Requirements",* 1997.

[20] Deng X.J., Sun L., *"Vehicle-ground structure system dynamics",* People's Communication Press 2000.

[21] Wang T.Y., *"Study on environmental vibration and building isolation method caused by subway",* Tongji University 2007.

[22] Xia Q., *"Study on subway-induced existing building vibration and isolation method",* Tongji University, Shanghai 2014.

[23] Gao J.T., *"The mitigation measurement analysis of the low-frequency vibration induced by subway load",* Wuhan University of technology 2008.

CONDIZIONI DI ABBONAMENTO A IF - INGEGNERIA FERROVIARIA ANNO 2019

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

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

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

Per ulteriori informazioni: Redazione Ingegneria Ferroviaria – tel. 06.4827116 - E mail: redazioneif@cifi.it

---

RICHIESTA FASCICOLI ARRETRATI ED ESTRATTI

Prezzi IVA inclusa

Un fascicolo **€ 8,00;** doppio o speciale **€ 16,00;** un fascicolo arretrato: *Italia* **€ 16,00;** *Estero* **€ 20,00.**
Estratto di un singolo articolo apparso su un numero arretrato **€ 9,50.**
I versamenti, anticipati, potranno essere eseguiti nelle medesime modalità previste per gli abbonamenti.

TERMS OF SUBSTRICTION TO IF - INGEGNERIA FERROVIARIA YEAR 2019

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

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

For further information you can contact: Redazione Ingegneria Ferroviaria – Ph: +39.06.4827116 – E mail: redazioneif@cifi.it

---

PURCHASE OF OLD ISSUES AND ARTICLES

Price including VAT

Single Issue **€ 8.00;** Double or Special Issue **€ 16.00;** Old Issue: *Italy* **€ 16.00;** *Foreign Countries* **€ 20.00.**
Single article **€ 9.50.**
The payment, anticipated, may be performed according to the same procedures applied for subscriptions.

Notizie dall'interno

Massimiliano BRUNER

TRASPORTI SU ROTAIA

Puglia: FSE, in arrivo il primo treno elettrico

In arrivo il primo treno a trazione elettrica di Ferrovie del Sud Est sui binari completamente rinnovati della linea Bari-Putignano (Via Casamassima). Da metà settembre, con l'inizio dell'orario invernale, sarà possibile salire a bordo.

Presentato a Bari dall'Assessore regionale ai Trasporti, G. GIANNINI, dal Sindaco di Bari, A. DECARO e dall'Amministratore Delegato di Ferrovie del Sud Est L. LENCI, fa parte della flotta di 18 convogli di ultima generazione che gradualmente sostituiranno i treni diesel oggi in circolazione, portando vantaggi in termini di efficienza, qualità dell'ambiente e comfort di viaggio.

Lungo 59 metri è composto di 3 moduli, il nuovo treno ETR è in grado di viaggiare a una velocità massima di 120 km orari. Progettato secondo i moderni standard di sicurezza, comfort e accessibilità, conta 175 posti a sedere, comprese due postazioni per viaggiatori a ridotta mobilità, 4 spazi portabici, 1 toilette e scaffali per bagagli di grandi dimensioni. Tra i servizi a bordo: display luminosi interni per le informazioni a led, pedane mobili per l'accesso di persone a ridotta mobilità, impianto di videosorveglianza, impianto di climatizzazione e di sonorizzazione.

Da metà giugno FSE avvia le prime corse in preparazione al servizio commerciale.

Questo risultato è possibile grazie al rinnovo radicale di 48 km di linea (binari, massicciata e traversine) e al ripristino dell'elettrificazione. I cantieri sono durati un anno. In funzione 24 ore su 24, sette giorni su sette – hanno impegnato 75 tecnici tra personale FSE e impresa appaltatrice e 25 mezzi d'opera.

Entro il prossimo anno, la tratta Bari-Putignano (Via Casamassima) sarà anche attrezzata con il Sistema di Controllo Marcia Treno (SCMT) e saranno completamente automatizzati 17 passaggi a livello. L'upgrade tecnologico consentirà di superare il limite di velocità di 50 km/h riducendo del 40% gli attuali tempi di viaggio.

Una svolta moderna e green sulla linea Bari-Putignano (Via Casamassima) che fino a pochi anni fa era l'emblema dell'incuria. Investimento complessivo per il rinnovo della flotta è stato di 70 milioni di euro. (*Comunicato Stampa Regione Puglia*, 11 giugno 2019).

Lombardia: Trenord due nuove corse Milano-Lecco-Sondrio-Tirano e minor CO_2

Trenord potenzia il servizio sulla Milano-Lecco-Sondrio-Tirano: dal cambio orario dello scorso 9 giugno sono effettuate tutti i giorni sulla linea due nuove corse, cioè la corsa 2556 (Milano Centrale 9.20-Tirano 12.05) e la corsa 2577 (Tirano 18.08-Milano Centrale 20.40), in precedenza effettuate solo il sabato e nei festivi per favorire la mobilità turistica nei fine settimana. Il grande successo dei due treni, in aggiunta ai 18 che già ogni giorno attraversano la valle, costeggiano la riviera del Lario fino a Lecco e percorrono la Brianza, ha indotto Regione Lombardia e Trenord a inserirli stabilmente nel nuovo orario.

Attivate a cadenza giornaliera in occasione della stagione estiva, le due corse offrono a turisti e viaggiatori un'ulteriore opzione per raggiungere la Valtellina. Il potenziamento del servizio sarà, dunque, mantenuto anche da settembre.

- I dettagli su orari e fermate:
  - corsa 2556: Milano Centrale 9.20 - Monza 9.31 - Lecco 9.59 - Varenna Esino 10.23 - Bellano Tartavalle Terme - Colico 10.47 - Morbegno 10-59 - Sondrio 11.20 - Tresenda Aprica Teglio 11.52 - Tirano 12.05;
  - corsa 2577: Tirano 18.08 - Tresenda Aprica Teglio 18.17 - Sondrio 18.40 - Morbegno 18.59 - Colico 19.15 - Bellano Tartavalle Terme 19.31 - Varenna Esino 19.36 - Lecco 19.58 - Monza 20.26 - Milano Centrale 20.40.

L'attivazione delle due corse è l'ulteriore passo di un percorso di potenziamento messo in atto da Trenord per la valorizzazione della linea Milano-Tirano come vettore di collegamento anche per il turismo.

Oggi la linea conta 30 corse nei giorni feriali; un terzo – 10 corse – è effettuato da convogli Coradia in doppia composizione, per oltre 500 posti a sedere. In questo modo, Trenord mira a offrire con mezzi di ultima generazione un'opzione di viaggio confortevole alla crescente domanda turistica. Le altre 20 corse sono effettuate da convogli media distanza a 8 carrozze.

Il venerdì è il giorno più gettonato sui treni di Trenord con oltre 803mila passeggeri a bordo. Un numero record che conferma la Lombardia al primo posto fra le regioni italiane per passeggeri trasportati, con il 26% dei viaggiatori di tutta Italia. Trenord ne ha portati 209 milioni nel 2018 con una presenza media pari a oltre 802mila nei giorni feriali, in crescita del 7% rispetto all'anno precedente. Un ritmo di crescita invariato anche nei festivi, quando si raggiungono i 300mila passeggeri.

È quanto emerge nel Bilancio di Sostenibilità 2018 di Trenord, redatto secondo le linee guida del GRI -

Global Reporting Initiative, che certifica una volta di più la costante crescita dei passeggeri del trasporto ferroviario lombardo: nel 2018 ogni giorno hanno utilizzato quotidianamente il treno 150mila viaggiatori in più rispetto al 2011, anno di nascita di Trenord.

Numeri significativi, che rendono sempre più importante il valore reso da Trenord allo sviluppo sostenibile del territorio: nel 2018 in Lombardia il treno ha consentito di risparmiare l'emissione di 1,5 milioni di tonnellate di CO_2, che corrisponde a oltre 13milioni di euro di costi sociali evitati. Oltre 139milioni di viaggi in auto sulle strade sono stati risparmiati grazie al servizio capillare di Trenord, che raggiunge più di 420 stazioni in Lombardia.

Questi i principali temi che emergono dal Bilancio di Sostenibilità 2018 di Trenord, accompagnato da una nota a firma della presidente, F. Santini, e dell'amministratore delegato, M. Piuri: "Il binomio treno-sostenibilità è l'essenza della nostra "mission" – affermano. È un orizzonte che tutta l'azienda condivide e trasmette al proprio interno e verso le comunità locali, raggiunte dalle oltre 2.500 corse effettuate ogni giorno – su treno e su bus – su circa 2mila chilometri di rete. Questa capillarità, in un'area vasta e complessa come la Lombardia, fa del treno la migliore risposta al bisogno di mobilità. Il treno non è solo economico, ecologico e veloce. Il treno è il più economico, il più ecologico, il più veloce".

- *Una Regione che si muove sempre più su rotaia*

Come detto, il record assoluto, con oltre 803mila passeggeri giornalieri, si registra il venerdì, quando agli spostamenti massivi per studio e lavoro si aggiungono gite fuori porta del fine settimana o il rientro a casa di studenti e professionisti "fuori sede". Il sabato i passaggi sui treni lombardi sfiorano i 379mila e la domenica i 300mila.

La costante è che passeggeri crescono costantemente: rispetto al 2014 sono cresciuti del 14,3% nei feriali, del 22,2% la domenica e nelle festività.

Il treno è l'unico mezzo di trasporto usato dal 41% dei clienti Trenord. Prima o dopo il viaggio su rotaia, il 31% si sposta anche in auto; il 26% in metropolitana; il 16% con un altro mezzo del trasporto pubblico locale; il 2% la bicicletta.

- *Passeggeri sempre connessi: ogni giorno 50mila accessi all'App Trenord*

Intermodale è sempre on line: il passeggero di Trenord è sempre più propenso a usare la tecnologia per gestire il proprio viaggio. Nel 2018 l'App Trenord è stata installata su 422mila nuovi dispositivi, in aggiunta agli oltre 1,2milioni di download precedenti.

Disponibile gratuitamente su Apple Store e Google Play, l'applicazione ha registrato 196mila utenti unici ogni mese e oltre 50mila utenti connessi al giorno.

A questi contatti si aggiungono quelli sul sito trenord.it – disponibile per desktop e in versione mobile – che nel 2018 ha registrato 7,9 milioni di utenti unici e 58 milioni di pagine visualizzate.

- *Ogni giorno 380mila viaggi in auto in meno sulle strade*

Meno traffico, meno emissioni nocive: nel 2018 grazie al treno ogni giorno si sono registrati 380mila viaggi in auto in meno sulle strade lombarde, evitando l'emissione di 4.200 tonnellate di CO_2.

Per evidenziare il valore sostenibile del treno, Trenord ha dato vita al progetto Green Train, la "fogliolina verde" che nel negozio digitale mostra al cliente quanto vale il suo viaggio in termini di emissioni rispetto all'auto. Per esempio, Green Train permette di scoprire che scegliendo il treno anziché l'auto per un viaggio da Milano Cadorna a Como Nord Lago si evita l'emissione di 2,3kg di CO_2.

- *Con il nuovo orario meno soppressioni e più puntualità*

L'"orario invernale" introdotto il 9 dicembre 2018 ha invertito una tendenza di progressivo deterioramento delle performance del servizio che si è registrata durante l'anno, a causa di limiti strutturali del sistema ferroviario lombardo: un'infrastruttura al limite della capacità nei nodi principali e la vetustà della flotta.

Le circoscritte rimodulazioni del servizio introdotte dal nuovo orario – in particolare, la sostituzione con bus di 139 corse con meno di 50 passeggeri – hanno ottenuto l'obiettivo di ridare affidabilità al sistema riducendo le soppressioni giornaliere – da 120 a 40, di cui solo lo 0,4% per problemi inerenti il materiale rotabile – e di riportare la puntualità oltre la soglia dell'80%.

- *321 assunzioni, 13 scuole per capitreno e macchinisti*

Nel corso dell'anno l'azienda ha compiuto 321 assunzioni: le figure professionali più ricercate sono state quelle di capotreno, macchinista, manutentore e addetto alla biglietteria. Il 50% dei neo assunti ha meno di 30 anni.

Nel 2018 Trenord ha continuato ad avviare e gestire campagne di reclutamento. L'impegno nel processo di selezione ha permesso di avviare durante l'anno 13 scuole professionalizzanti (6 per capitreno e 7 per macchinisti) che hanno coinvolto oltre 270 allievi (*Comunicati Stampa SEC Spa per Trenord,* 11 giugno 2019 e 14 giugno 2019).

Toscana: sicurezza di esercizio in ferrovia

Ferroviaria Italiana S.p.A., Gestore della infrastruttura ferroviaria della Regione Toscana, ha appaltato la realizzazione del Sistema ERTMS/ETCS Livello 2 Baseline 3, conforme al set di specifiche #3 (ETCS baseline 3 R2) dell'Annex A della STI CCS annessa al Regolamento UE 2016/919 nell'ambito dello Schema di Contratto per l'"Esecuzione in appalto delle prestazioni per la progettazione, realizzazione, installazione, verifica nel Trial Site, del Sottosistema di Terra (SST) del Sistema ERTMS/ETCS Li-

vello 2 Baseline 3 e Rete Radio GSM-R (Fig. 1) da implementare sugli impianti A.C.E.I. I/019 Tipo semplificato-Telecomandati in DCO, sui Passaggi a Livello UNIFER 11117 esistenti sulle linee ferroviarie Arezzo-Stia e Arezzo-Sinalunga. È compresa la realizzazione dell'Impianto di Rilevamento Temperatura Boccole e l'Impianto di Comando e Controllo di liberazione della chiave dei Passaggi a Livello Campestri chiusi con sbarretta e chiave all'utente. Sono inoltre inclusi il supporto alla definizione delle Specifiche Funzionali e di Sistema (già redatte in forma preliminare, da RFI con il Committente LFI/TFT) e l'omologazione del Sistema di Sicurezza ERTMS/ETCS Livello 2 Baseline 3 TSI 2016 set #3".

La realizzazione dell'opera, finanziata con Fondi della Regione Toscana dopo l'espletamento della gara con evidenza pubblica, è stata affidata al Raggruppamento Temporaneo di Imprese costituito tra Alstom Ferroviaria S.p.A. (capogruppo), Thales Italia S.p.A., Elettri-Fer srl e SICE di Rocchi Roberto & C. snc .

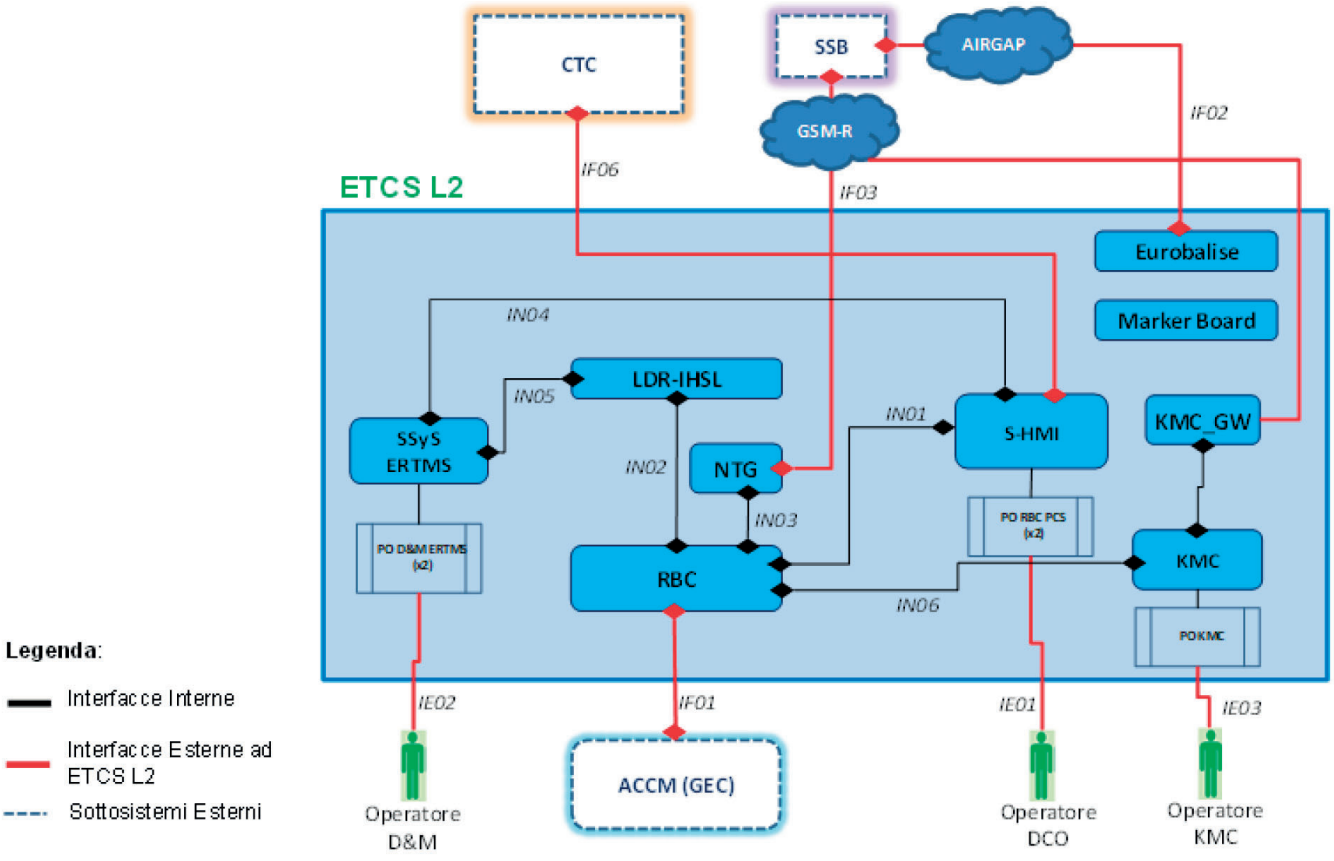
Per consentire la messa in servizio del Sistema ERTMS/ETCS Livello 2 e Rete Radio GSM-R sarà pianificata un'idonea campagna di test e verifica dei Requisiti Funzionali e di Sistema, analizzate dai tecnici di LFI in collaborazione con la SO Programma Nazionale ERTMS di RFI per l'applicazione del Sistema di Sicurezza su una linea regionale con la presenza di passaggi a livello automatici di linea. Questi test dovranno prevedere scenari mono e multi treno.

È stato individuato un tratto di linea della Ferrovia Arezzo-Stia, tratta compresa tra le Stazioni di Bibbiena-Poppi-Porrena, denominata "TRIAL SITE", (Le stazioni sono parte integrante del Trial Site), dove verranno espletati i test. Gli scenari delle corse prova, insieme ai test di laboratori, dovranno coprire tutte le situazioni operative e di funzionamento, a regime e in degrado, del sottosistema di terra e del sottosistema di bordo, nonché verificare la corretta integrazione fra i due sottosistemi.

Nell'ambito del presente appalto rientrano gli oneri di pianificazione delle corse prova e del coordinamento di tutti i soggetti coinvolti nella loro esecuzione.

Dovrà essere completata tutta la documentazione necessaria ai fini della messa in servizio ed omologazione del sistema ERTMS/ETCS L2 BL3, nel sotto sistema di terra e rete radio GSM-R secondo le linee guida ANSF vigenti e s.m.i. [Nota ANSF n° 007531/2017 del 06/07/2017 ed allegato Linee guida ANSF n° 1/2017 del 20/06/2017]

In particolare dovranno essere prodotti, secondo le Norme CENELEC, i Safety Case di prodotto, di ap-



(Fonte: Comunicato CIFI)

Fig. 1 - Architettura Sistema ERTMS/ETCS L2 - Schema Logico.

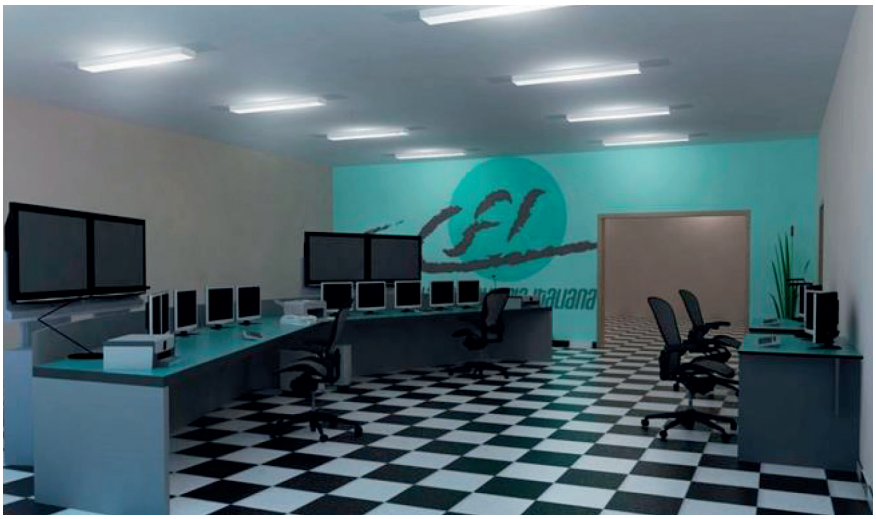
plicazione Generica e di applicazione Specifica di del Sistema.

L'attrezzaggio delle linee ferroviarie gestite da LFI S.p.A. prevede un posto centrale nella Stazione di Pescaiola (Fig. 2) dove la postazione operatore DCO è costituita dall'integrazione dei Sistema ACCM (SMR 400 di Alstom) con RBC e CTC, le postazioni operatore DCO permetteranno il comando e controllo degli enti di campagna quali Passaggi a Livello Automatici, Passaggi a Livello Campestri chiusi con Sbarrette e Chiavi all'utente e RTB, inoltre sarà modificato l'impianto BCA con l'inserimento del tasto condizionato.

- *Il progetto ha come peculiarità l'assenza di segnali luminosi.*

L'opera è completata con la realizzazione di una Rete Radio GSM-R con tecnologia NOKIA Flexi Multiradio A10 interfacciata con l'MSC esistente di RFI presso il NOC di Roma Tuscolana.

LFI S.p.A. ha stipulato con Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. una convenzione per l'utilizzo della Rete Radio GSM-R, in quanto RFI è il detentore dell'Autorizzazione generale rilasciata nel 2002 dall'allora Ministero delle Comunicazioni, ed ha ottenuto il nulla osta all'estensione della copertura radiomobile e dei servizi GSM-R sull'asset ferroviario gestito dal MISE nel 2014 (*Comunicato CIFI*, 10 giugno 2019).



(Fonte: Comunicato CIFI)

Fig. 2 - Rendering del nuovo posto centrale di Arezzo-Pescaiola.

TRASPORTI URBANI

Lombardia: CityTech porta in Italia la nuova frontiera della "Urban Mobility"

Cornice dell'evento sarà lo spazio Luiss Hub di Porta Nuova. The Aviary Project presenta gli scenari del futuro attraverso la mobilità urbana aerea: tante occasioni di confronto per i "players" e i prestigiosi partners della manifestazione. Il nuovo appuntamento è fissato per il prossimo 20 e 21 novembre a Milano, l'evento B2B che indaga a 360° le nuove frontiere tecnologiche legate alla mobilità del futuro.

Novità della settima edizione dell'evento, organizzato da Clickutility on Earth, è la collaborazione con la LUISS Business School, hosting partner di Citytech 2019, che aprirà le porte del Milano Luiss Hub, ex spazio industriale ristrutturato in chiave contemporanea a pochi passi dalla stazione Garibaldi, nel cuore pulsante dell'"innovation district" di Porta Nuova. La location, in linea con il tema di sviluppo e riqualificazione urbana in chiave smart affrontato da Citytech, ospiterà diversi workshop tematici e due aree espositive, una interna ed una esterna alla manifestazione, dove i maggiori rappresentanti dei settori mobilità e trasporti, le aziende più tech del mercato e le startup innovative, avranno l'opportunità di inserirsi nei dibattiti e di implementare il proprio business attraverso attività di networking.

Sul fronte delle tematiche, dopo l'Autonomous Driving Arena che ha contraddistinto la passata edizione, Citytech 2019 sarà caratterizzato dalla nuova frontiera dell'innovazione, la mobilità urbana aerea. Grazie alla partnership con The Aviary Project, visionaria realtà inglese, si terrà un workshop "ad hoc" con ospiti internazionali che illustreranno in che modo la "urban air mobility" si stia diffondendo su larga scala, divenendo sempre più velocemente realtà in diverse aree del mondo.

Un programma conference dal taglio internazionale e ricco di contenuti innovativi affronterà, parallelamente, tematiche legate alla micromobilità, alla mobilità condivisa, elettrica ed autonoma, al MaaS – Mobility as a Service, allo "smart parking & infrastructures", includendo approfondimenti sulla gestione dei "big data" e della "blockchain". Fil rouge dei temi che saranno affrontati durante la manifestazione è lo sviluppo della cultura digitale e delle tecnologie ad essa connesse, sempre più centrali in ogni aspetto della nostra vita e in ogni ambito, come quello della mobilità, che contribuisce a riprogettare il paesaggio urbano e a rendere più agevole la fruizione dei servizi ad esso collegati (*Comunicato Stampa CityTech*, 2 giugno 2019).

Piemonte: Aptis di Alstom in prova a Torino con GTT

Aptis, il bus di Alstom a trazione interamente elettrica, sbarca a Torino per farsi conoscere dal pubblico italiano dopo aver visitato Firenze, Genova, Bologna e Merano. Dal 31 maggio al 6 giugno l'e-bus, guidato dagli autisti di Gtt, il Gruppo Torinese Trasporti, ha circolato in via speri-

mentale come navetta, in servizio completamente gratuito, da Piazza Statuto a Piazza Gran Madre di Dio, su una linea dedicata che attraversa il cuore dell'ex capitale sabauda.

L'iniziativa è stata presentata nel corso di una conferenza stampa alla quale sono intervenuti C. Appendino, sindaca di Torino, M. Lapietra, assessore ai trasporti città di Torino, M. Viale, amministratore delegato di Alstom Ferroviaria e G. Foti amministratore delegato di Gtt. Al termine della presentazione è stata effettuata una prima corsa di prova con Aptis.

"Concludiamo il tour italiano di Aptis con Torino, una città attenta alla mobilità sostenibile che sta ridisegnando il suo ambiente urbano mettendo i cittadini al centro. Aptis è un autobus totalmente elettrico ed ecologico ispirato al mondo dei tram e permette ai passeggeri di vivere un'esperienza di comfort unica a bordo. Il test di Torino è importante per verificare le performance del mezzo e le sue caratteristiche. Ci auguriamo che gli abitanti e i turisti di Torino abbiamo l'opportunità di apprezzare questo innovativo e-bus (Fig. 3), circolando gratuitamente per le strade della città fino al 6 giugno", ha dichiarato M. Viale, amministratore delegato di Alstom Ferroviaria.

"Torino è un laboratorio di innovazione dove chi intende proporre e testare nuove tecnologie e soluzioni all'avanguardia troverà sempre nell'Amministrazione un interlocutore attento e interessato – sottolinea la sindaca di Torino, C. Appendino – Per i cittadini e il territorio vogliamo spostamenti più veloci, meno traffico, un abbattimento dell'inquinamento e una città più vivibile – spiega –. Crediamo nel trasporto pubblico come alternativa all'utilizzo dell'auto privata: stiamo completando il progetto per la linea 2 della metropolitana e lavorando, insieme a Gtt, alla riprogettazione dell'assetto della rete cittadina di bus e tram e all'ammodernamento della flotta con veicoli accessibili a tutti, più confortevoli e 'green'".

"Nella città di Torino oltre il 50% dei viaggi con mezzi pubblici avviene già in modalità elettrica, tenendo conto, oltre ai bus elettrici, anche della metropolitana e della rete tranviaria. Se si considera anche la trazione a metano complessivamente il 70% degli spostamenti è a basso impatto ambientale – evidenzia G. Foti, amministratore delegato di Gtt – Con la Città stiamo proseguendo il lavoro per sviluppare una rete di trasporto ancora più sostenibile a livello ambientale. Sperimentazioni come quella di Aptis sono importanti per prepararci al futuro".

(Fonte: Alstom)

Fig. 3 - La cerimonia di avvio della sperimentazione torinese di Aptis.

Aptis è testato dal personale di GTT, le prove su strada permettendo di raccogliere dei dati sulle prestazioni del mezzo. I passeggeri possono viaggiare gratuitamente a bordo di Aptis ammirando dagli ampi finestrini il paesaggio e i simboli della Torino «magica», da Piazza Statuto a Piazza Gran Madre di Dio ed esprimere il loro gradimento sull'esperienza di viaggio votando a bordo e sui social media con i loro selfie e messaggi per Aptis #iosonoaptis all'account Twitter: @Aptis_Alstom.

Dalla presentazione del prototipo di Aptis nel marzo 2017, quattro veicoli di prova hanno già percorso più di 40.000 chilometri in condizioni operative reali, nelle principali città d'Europa. Queste prove hanno permesso di testare le caratteristiche specifiche di Aptis, in un nuovo contesto urbano, le sue prestazioni di inserimento nei centri cittadini, il grado di autonomia e il sistema di assistenza alla guida.

Aptis è un autobus ispirato al mondo dei tram e permette ai passeggeri di vivere un'esperienza di comfort unica a bordo. Il pavimento ribassato lungo 12 metri e le grandi porte doppie, permettono un'agevole discesa e un accesso facilitato per sedie a rotelle e carrozzine. Grandi finestrini panoramici forniscono una superficie vetrata più grande del 20% rispetto a quella dei bus tradizionali che insieme a un'esclusiva area salottino, ne completano il design. Aptis ha vinto il premio per l'innovazione alla fiera Busworld nel 2017. Alstom ha ricevuto ordini per 12 Aptis da CTS, compagnia di trasporti di Strasburgo (Francia) e recentemente 50 Aptis dall'RATP, l'Ente autonomo dei trasporti parigini, aggiudicandosi un progetto interamente finanziato da Île-de-France Mobilités (*Comunicato Stampa GTT*, 30 maggio 2019).

TRASPORTI INTERMODALI

Nazionale: Detassis Autotrasporti in Astre

Astre Italia, parte del network europeo di PMI del trasporto e della logistica, rafforza ulteriormente la propria presenza sul territorio e annuncia l'ingresso nella rete di Astre di Detassis Autotrasporti (Fig. 1), realtà operante nella distribuzione su gomma per clienti nazionali e internazionali.

Attiva dal 1979, Detassis Autotrasporti ha sede a Trento e si rivolge ad aziende italiane e non solo, con servizi che vanno dal trasporto merci con carichi completi e "groupage", alla gestione dell'outsourcing logistico, fino ai trasporti leggeri con gru e sponda idraulica. Con un magazzino di 1500 metri quadrati, l'azienda vanta un parco macchine di 35 mezzi di proprietà, tra cui 17 trattori stradali utilizzati per le tratte internazionali, oltre a motrici e autotreni destinati al servizio Italia. Grazie a un team di circa 45 dipendenti fra autisti, impiegati e magazzinieri, Detassis gestisce clienti nazionali ed esteri, provenienti per lo più da Francia, Olanda e Germania.

Detassis Autotrasporti risponde ai requisiti di ingresso in ASTRE: oltre ad essere una PMI di Trasporti & Logistica autonoma, indipendente, con mezzi e strutture propri, ha anche dimostrato l'intraprendenza e la volontà di contribuire a una realtà in grado di portare benefici a livello individuale e collettivo.

"Sono da sempre convinto che, per realtà imprenditoriali territoriali come la nostra, la vera forza sia rappresentata dalla capacità di fare network – ha spiegato G. DETASSIS, Titolare di Detassis Autotrasporti. – Quando si è presentata l'opportunità di entrare in Astre, non abbiamo quindi avuto dubbi: grazie alla collaborazione offerta dalla rete, possiamo rivolgerci ai nostri clienti con un'offerta ancora più capillare ed efficiente. Siamo certi di aver trovato in Astre un modello di business vincente, che ci consentirà di migliorare ulteriormente la nostra presenza sul mercato."

"L'ingresso di Detassis Autotrasporti (Fig. 4) in Astre rappresenta un ulteriore passo verso l'obiettivo di offrire una soluzione che coniughi la flessibilità della PMI e la potenza di un grande gruppo – ha dichiarato G. GRASSI, Incaricato Sviluppo Italia di Astre. – Essere stati scelti da una realtà che opera in un territorio strategico come quello del Nord Est Italia conferma come il nostro modello di aggregazione offra un valore aggiunto concreto alle aziende associate, rendendole più competitive grazie a una razionalizzazione della movimentazione merci altrimenti impossibile per la singola realtà." (*Comunicato Stampa Astre*, 10 giugno 2019).

Emilia Romagna: Convegno FederMetano

"Ridurre i pedaggi autostradali per i mezzi commerciali alimentati con carburanti meno inquinanti come il GNL è un'iniziativa che il Governo deve mettere in campo al più presto per accelerare la transizione verso un sistema dei trasporti a minore impatto ambientale". E' l'appello lanciato da M. MARCIANI, presidente del Freight Leaders Council, intervenuto oggi al convegno "LNG: la soluzione green per il trasporto pubblico e merci" organizzato da Federmetano nell'ambito di Autopromotec 2019 – "Tagliare i costi di esercizio per le aziende virtuose, come ha già fatto il Governo tedesco con un'iniziativa analoga, è un segnale forte per spingere gli operatori al rinnovo del parco veicolare – ha sottolineato MARCIANI – in modo molto più efficace dei semplici contributi "una tantum"".

La proposta del presidente del Freight Leaders Council è contenuta nel Quaderno 28 "Il GNL il Italia, per un trasporto sostenibile" che l'associazione che riunisce i maggiori player della logistica ha presentato nei giorni scorsi. Il volume, scaricabile gratuitamente dal sito www.freightleaders.org, dimostra che il gas liquefatto è già una soluzione percorribile per rendere il parco circolante eco-compatibile. In Italia sono 44 le stazioni di rifornimento di GNL in funzione, che servono un parco di circa 2.000 veicoli. Anche la rete europea si sta attrezzando per rifornire i circa 6.000 camion immatricolati in Europa: sono già attivi 150 impianti in 13 diversi paesi e a breve anche Polonia e Bulgaria inaugureranno le prime stazioni di servizio. Rispetto al gasolio, il carburante più utilizzato oggi nel trasporto pesante, il GNL offre anche un altro vantaggio: il prez-

(Fonte: Astra)

Fig. 4 - La flotta di autocarri di Detassis.

zo. Le analisi presenti nel Quaderno dimostrano che il GNL costa il 43% in meno del diesel (dati 2017) al netto del rimborso dell'accisa previsto per il trasporto commerciale.

"Sono cinque le priorità sui cui il FLC ritiene indispensabile porre l'accento per sostenere l'utilizzo di questo carburante e renderlo vantaggioso per l'ambiente e gli operatori – ha concluso MARCIANI – Mettere a punto un piano nazionale che regoli rifornimento e distribuzione di GNL, un regime fiscale determinato per legge, spingere il rinnovo del parco veicoli, sostenere la produzione dei biocarburanti e l'uso del GNL per le navi" (*Comunicato Stampa Freight Leaders Council*, 24 maggio 2019).

INDUSTRIA

Nazionale: FSI ed IBM, per migliorare la *customer experience* attraverso l'intelligenza artificiale

Ferrovie dello Stato Italiane e IBM stanno lavorando alla creazione di una nuova piattaforma digitale per fornire servizi più efficienti ai viaggiatori e migliorare la "customer experience". Grazie a una nuova soluzione cognitiva basata su cloud, il più grande operatore ferroviario in Italia sarà in grado di fornire ai clienti servizi di assistenza, ventiquattro ore al giorno, in modo più efficace.

Le tecnologie digitali stanno cambiando radicalmente il modello di business degli operatori di viaggio, portando ad una convergenza tra fisico e digitale. Per rimanere rilevanti ed evolvere al passo con le aspettative dei viaggiatori in continuo cambiamento, le aziende di trasporto devono essere in grado di offrire un'esperienza personalizzata e più reattiva, indipendentemente dal modo in cui il viaggiatore sceglie di essere coinvolto.

Nell'ambito del suo percorso di trasformazione digitale, iniziato già diversi anni fa con la divisione di IBM Services, FS Italiane, con questo nuovo progetto, offrirà ai propri clienti un "compagno di viaggio" sempre disponibile a supportare le loro esigenze. La nuova soluzione di intelligenza artificiale, in grado di comunicare in linguaggio naturale, potrà fornire consigli personalizzati attraverso un assistente virtuale. Infatti, in base alle preferenze dei viaggiatori anche in termini di esperienze di acquisto, l'assistente virtuale sarà in grado di proporre agli utenti offerte personalizzate velocizzando e semplificando la scelta e l'acquisto, e in caso di eventi imprevisti reagire fornendo una soluzione o dei suggerimenti.

Abilitata da IBM Watson Assistant, Watson Natural Language Understanding, Watson Classifier e Watson Tone Analyzer disponibili su cloud IBM, la nuova soluzione è realizzata per consentire ai clienti un'esperienza di viaggio digitale integrata con una pianificazione del proprio itinerario senza soluzione di continuità e con una biglietteria disponibile attraverso tutti i canali, ricevendo risposte rapide alle proprie domande.

"Cerchiamo di offrire ai nostri clienti un'esperienza di viaggio di altissimo livello", ha sottolineato G. CASTELLI, Presidente del Gruppo FS Italiane. "L'azienda ha pianificato di investire 6 miliardi di euro in tecnologia nel Piano industriale 2019-2023 per consentire una trasformazione digitale dei nostri business", ha aggiunto. "Stiamo studiando in particolare come le soluzioni di IA all'avanguardia possano offrire esperienze di viaggio personalizzate ai nostri clienti, che sono sempre più alla ricerca di viaggi integrati, senza soluzione di continuità e con consigli di viaggio su misura."

"Le tecnologie esponenziali oggi a nostra disposizione," afferma E. CEREDA, presidente e AD di IBM Italia "permettono ad aziende lungimiranti come FS Italiane di ampliare e migliorare i loro modelli di business, offrendo ai loro clienti servizi sempre più evoluti. La "digital reinvention" sostenuta dalle potenzialità dell'intelligenza artificiale e del cloud, offre grandi opportunità all'Italia per crescere in termini di efficienza e produttività. FS Italiane sta cogliendo queste opportunità, proseguendo il suo percorso innovativo per sé e per il Paese."

Inoltre, la nuova piattaforma cognitiva darà agli operatori di FS Italiane una percezione aggiornata e tempestiva dei servizi offerti ai clienti, per poter reagire in tempo reale ad eventuali esigenze o suggerimenti espressi o per avere una rapida reazione attraverso strumenti di configurazione delle promozioni. La piattaforma aumenterà inoltre l'efficacia delle campagne di promozione, fornendo ai clienti una consulenza personalizzata sulle offerte disponibili.

Ferrovie dello Stato Italiane è la principale azienda di trasporti in Italia con 58 miliardi di euro di investimenti nel piano industriale 2019-2023. Il Gruppo contribuisce al volume complessivo degli investimenti nel Paese e sostiene lo sviluppo e il miglioramento dei settori dei trasporti, delle infrastrutture, della logistica e del turismo. Il fatturato operativo di FS Italiane è cresciuto a 12 miliardi di euro nel 2018, producendo un EBITDA di 2,5 miliardi di euro con un risultato netto di 560 milioni di euro. Il Gruppo FS Italiane impiega circa 83.000 persone che operano, in Italia e all'estero, con circa 10.000 treni e 200 milioni di autobus/chilometri al giorno. Nel 2018 il Gruppo FS Italiane ha trasportato 1 miliardo di persone e 50 milioni di tonnellate di merci.

Leader nell'innovazione da 108 anni, IBM opera in 170 paesi con 380 mila dipendenti offrendo a ogni settore d'industria la tecnologia e gli strumenti per la trasformazione digitale dei modelli di business. All'attività di Ricerca e Sviluppo, l'azienda destina ogni anno 6 miliardi di dollari con il lavoro di 12 centri e oltre 8500 scienziati. Ciò assicura il primato, ininterrotto dal 1993, nella classifica dei brevetti depositati negli Stati Uniti. Nel solo 2018 sono saliti a quota 9100, oltre tremila dei quali dedicati all'intelligenza artificiale, al cloud, alla "blockchain" e al "quan-

tum computing" (*Comunicato Stampa Gruppo FSI*, 18 giugno 2019).

Emilia Romagna: Il nuovo impianto di Wegh Group termina lo start up a Calcinate

Wegh Group ha avviato un nuovo impianto per la produzione di traverse in calcestruzzo nell'unità produttiva di Calcinate. Con questo risultato, Wegh dimostra il proprio "know how" offrendo un prodotto di punta per tecnologia, qualità, affidabilità e contenimento dei costi di prodotto con l'ottimizzazione del rapporto produzione/ore uomo.

Da 60 anni infatti, Wegh Group investe nella ricerca e nell'innovazione e questo nuovo impianto, del tipo a carosello, è perfettamente in linea con questa filosofia. È una vera evoluzione della produzione di traverse in calcestruzzo, in linea con i parametri dell'Industria 4.0 studiato, progettato e realizzato da Wegh – OLMI Division.

L'impianto è stato installato in un capannone di circa 2500 m^2 e impegna complessivamente una squadra di 13 persone nelle varie fasi del processo. La capacità produttiva è di 1400 traverse in un turno di 8 ore lavorative.

Le caratteristiche tecniche dell'impianto sono all'avanguardia: si tratta di un impianto scalabile, cioè nel quale è possibile aggiungere parti per aumentare la capacità produttiva, tramite l'installazione di nuove macchine e con investimenti mirati. Altra caratteristica di rilievo è la flessibilità produttiva: in automatico, l'impianto è in grado di produrre e gestire differenti tipologie di traverse durante lo stesso turno di lavoro, senza fermi macchina.

Inoltre è dotato di sistema di registrazione passiva RFID MOBY, utilizzato per registrare e tracciare, per ogni tipologia di cassero, i parametri di tesatura del relativo processo produttivo, la quantità di calcestruzzo, il ciclo di svitatura e il processo di maturazione. In questo modo, è possibile registrare i parametri di produzione di ogni singola traversa e avere un controllo di qualità continuo. A questo si affianca un progetto di manutenzione predittiva che ha l'obiettivo di garantire un'agevole gestione dei costi e la programmazione degli interventi di manutenzione.

Wegh Group costruttore degli impianti di produzione e produttore di traverse e traversoni in calcestruzzo (sono oltre 70 nel mondo gli impianti Wegh Group installati): ha così una esperienza e un controllo totale sul "know how" di processo e prodotto e questo le consente di garantire la qualità del prodotto e la efficienza produttiva.

Con il nuovo impianto avviato a Calcinate, Wegh Group conferma la sua conoscenza nella produzione e gestione di impianti Carosello e Long Line così come la capacità di accompagnare i propri partners nella scelta più adeguata alle loro esigenze (*Comunicato Stampa Wegh Group*, 10 giugno 2019).

Nazionale: trend discendente per la produzione *automotive* in Italia (-10,9%)

Secondo i dati preliminari di ANFIA, ad aprile 2019 la produzione domestica di autovetture in Italia risulta in calo del 22% rispetto ad aprile 2018.

Nel primo quadrimestre dell'anno in corso, la produzione di autovetture registra una flessione del 19%.

A maggio 2019, il mercato italiano dell'auto ha riportato una diminuzione delle vendite dell'1%. I primi cinque mesi del 2019 chiudono con segno negativo: -4%. A maggio, le immatricolazioni del Gruppo FCA hanno registrato una quota di mercato del 26%, con volumi in flessione del 6%. Negli altri comparti, presentano un segno positivo nel periodo gennaio-maggio 2019 soltanto i veicoli commerciali leggeri (+6%, con una crescita del 5% a maggio) e i rimorchi leggeri (+2%, e un incremento del 4,5% nel mese), mentre risultano in flessione gli autocarri (-8%, nonostante il +5% di maggio), gli autobus (-8%, con un calo del 15% a maggio) e i rimorchi e semirimorchi pesanti (-7%, mentre nel mese la flessione è del 16%).

A marzo 2019, il valore delle esportazioni di autoveicoli dall'Italia è di 2 miliardi di Euro, il 4,8% del totale esportato, e risulta in calo del 5,4%. L'import di autoveicoli vale, invece, 3,35 miliardi di Euro (-5,2% rispetto a marzo 2018), pari al 9,1% del totale importato in Italia. Gli Stati Uniti rappresentano, in valore, il primo Paese di destinazione per l'export di autoveicoli dall'Italia, con una quota del 17%, seguiti da Francia e Germania, rispettivamente con una quota del 14,5% e del 13%.

In Italia, l'indice della produzione industriale nel suo complesso (corretto per gli effetti di calendario: i giorni lavorativi sono stati 20, contro i 19 di aprile 2018 (è escluso il comparto Costruzioni). A partire dal 2018, gli indici della produzione industriale sono diffusi da ISTAT nella nuova base di riferimento 2015=100 (fino allo scorso mese la base era 2010=100).) diminuisce dell'1,5% ad aprile 2019.

"La produzione dell'industria automotive italiana nel suo insieme (Codice Ateco 29: fabbricazione di autoveicoli, fabbricazione di carrozzerie autoveicoli, rimorchi e semirimorchi e fabbricazione di parti e accessori per autoveicoli e loro motori (esclusi penumatici)), registra a marzo un calo tendenziale del 10,9%, che fa seguito alle flessioni già riportate nel primo trimestre del 2019 e nell'ultimo trimestre del 2018 – dichiara G. Giorda, Direttore di ANFIA. Anche il secondo trimestre dell'anno, quindi, si apre con il segno meno, portando a una chiusura del quadrimestre in ribasso del 9,9%.

La produzione italiana di parti e accessori per autoveicoli e loro motori (Codice Ateco 29.3, non include pneumatici) riporta nuovamente, come già a febbraio e marzo, un segno negativo nel mese di aprile (-8,7%) e anche nel cumulato (-7,5%)".

A marzo, secondo gli ultimi dati disponibili, gli ordinativi di questo specifico comparto risultano in calo

del 14,7%, per effetto del decremento degli ordinativi interni (-19,3%) e degli ordinativi esteri (-10%). Nei primi tre mesi dell'anno, gli ordinativi registrano una flessione dell'8,9% (-15,7% e -2,6% le rispettive componenti interna ed estera). Anche il fatturato delle parti e accessori per autoveicoli e loro motori presenta una diminuzione nel mese dell'8%, a causa della componente interna in calo del 17,4%, mentre la componente estera chiude a +2%. Nel periodo gennaio-marzo 2019 l'indice del fatturato registra un decremento del 5,6%, con una componente interna in diminuzione del 13,8% (+2,8% il fatturato estero).

Gli ordinativi (dati grezzi. I dati aggiornati a febbraio saranno pubblicati da Istat il 14 giugno 2019. 5 Dati grezzi. I dati aggiornati a febbraio saranno pubblicati da Istat il 14 giugno 2019) per il settore automotive nel suo complesso risultano in calo dell'11,6% a marzo (risultato di una componente interna in calo del 10,5% e di una componente estera in calo del 13,3%). Nei primi tre mesi del 2019 gli ordinativi diminuiscono del 10,7% (-12,9% nel mercato interno e -7,8% nel mercato estero). Gli ordinativi totali dell'industria in senso stretto (escluso il comparto Costruzioni), invece, presentano una flessione del 3,6% nel mese di marzo (-4,4% la componente interna e -2,4% la componente estera) e del 2,5% nel primo trimestre del 2019 (-1,8% la componente interna e -3,4% la componente estera).

Il fatturato del settore automotive, infine, riporta un calo del 14,7% a marzo (-21,7% il fatturato interno e -2,6% quello estero). Nei primi tre mesi del 2019 il fatturato è in calo del 12,3% (-16,8% il fatturato interno e -5,7% quello estero). Per l'industria in senso stretto (escluso il comparto Costruzioni), il fatturato diminuisce dell'1,9% nel mese (-2,8% sul mercato interno e -0,1% sui mercati esteri) e dello 0,1% nel periodo gennaio-marzo 2019 (-0,8% sul mercato interno e +1,1% sui mercati esteri) (*Comunicato Stampa Anfia*, 10 giugno 2019).

VARIE

Veneto: precisazioni sull'impatto ambientale del comparto crocieristico a Venezia

In tema di eco-sostenibilità, l'Autorità di Sistema Portuale rende noto che la programmazione della sua attività si basa esclusivamente su analisi e valutazioni ufficiali emesse da istituti pubblici. A questo proposito, ARPAV, nell'ambito del Progetto APICE, ha stimato le emissioni in atmosfera del comparto portuale, comprendendo nelle sue analisi sia il traffico turistico sia il traffico merci. Fin dalle prime rilevazioni, pubblicate a settembre 2013 e poi confermate negli anni, è emerso che il traffico portuale pesa in termini di polveri sottili (PM 2,5) per il 2% circa sulle emissioni complessive "respirate" in città nel periodo invernale e per l'8% nel periodo estivo.

Va detto, inoltre, che in forza dell'accordo Venice Blue Flag, del quale l'AdSP è promotrice fin dal 2007, le compagnie armatrici operanti nel settore della crocieristica a Venezia si impegnano volontariamente a utilizzare carburanti con contenuto di zolfo inferiore allo 0,1% in massa sin dall'entrata in laguna e nel corso di tutte le fasi di manovra. Dal 2019 tale autolimitazione si estende anche ai rimorchiatori coinvolti nella manovra. Sempre ARPAV ha riportato ufficialmente che il cambio di carburante ha consentito una riduzione del 46% delle polveri sottili dell'intero comparto crocieristico.

Per ampliare l'area di rilevazione sulle emissioni in atmosfera e migliorare la quantità e la qualità dei dati raccolti, AdSP ha recentemente finanziato una nuova centralina di monitoraggio a Fusina che sarà gestita da ARPAV e permetterà di rilevare le emissioni dei traghetti. L'autorità mantiene, inoltre, la centralina di monitoraggio di Rio Novo, sempre gestita da ARPAV. Tutti i dati registrati sono anche trasferiti periodicamente alla Capitaneria di Porto affinché vengano verificati.

Infine, si ricorda il fondamentale apporto dell'AdSP nei progetti di sviluppo della rete di stoccaggio e di distribuzione di gas naturale liquefatto, finalizzati a decarbonizzare l'intera catena logistica e il traffico navale (*Comunicato Stampa dell'Ufficio Stampa Autorità di Sistema Portuale del Mare Adriatico Settentrionale*, 5 giugno 2019).

Lombardia: "Binari Gentili", inclusione e diversità, valore aggiunto per aziende ed istituzioni

Promuovere l'inclusione come opportunità di crescita e arricchimento e valorizzare i talenti, anche quelli più nascosti, per ottenere migliori risultati in termini economici, di competitività e di immagine. Inclusione e valorizzazione dell'individualità sono principi fondamentali per FSI, costantemente impegnata nella realizzazione di un progetto di mobilità in grado di favorire l'integrazione degli aspetti sociali e ambientali nelle proprie strategie economico-finanziarie. La sostenibilità ambientale, sociale ed economica, infatti, è sempre più elemento cruciale che orienta tutte le attività del Gruppo FSI.

"L'inclusione è un fondamentale valore etico, oltre che leva economica", ha dichiarato G. Castelli, Presidente di FSI. "FS Italiane è costantemente impegnata nel rafforzare la diversità, valorizzando al meglio il contributo di tutte le persone che lavorano nelle società del Gruppo. Inoltre, FS Italiane lavora per trasformare la mobilità condivisa e collettiva in Italia, rendendola sempre più integrata e sostenibile al fine di migliorare la qualità della vita delle persone nel nostro Paese. La consapevolezza del valore delle diversità consente alle aziende di sviluppare idee innovative, osservando il mercato da nuove prospettive e punti di vista. Per questo motivo diventa sempre più urgente educare le persone al rispetto della diversità e dell'individualità, prevedendo percorsi di formazione dedicati".

Ferrovie dello Stato Italiane, in collaborazione con l'Istituto M. Negri, il Politecnico di Milano, l'Universita Bocconi di Milano e Auticon Italia, ha organizzato Binari Gentili, la serata dedicata a ricerca scientifica, formazione e impresa sociale per avviare un dialogo tra le Istituzioni scientifiche e accademiche che valorizzano la diversità per raggiungere gli obiettivi aziendali.

All'incontro, oltre a G. Castelli Presidente del Gruppo FS Italiane, hanno partecipato G. Remuzzi, Direttore dell'Istituto di ricerche farmacologiche M. Negri, F. Resta, Rettore del Politecnico di Milano, F. Billari dell'Università Bocconi di Milano e A. Balestrazzi CEO di Auticon Italia.

FS Italiane collabora con Enti e associazioni per avviare progetti e iniziative sociali nelle aree ferroviarie. Il Gruppo, infatti, possiede un esteso patrimonio immobiliare parzialmente non utilizzato, costituito da stazioni, caselli e sedimi ferroviari. Sono circa 500 in tutta Italia le stazioni impresenziate concesse in comodato a diverse realtà nazionali (Enti locali, associazionismo, eccetera), con effetti positivi sul decoro degli ambienti e sulla rivitalizzazione del contesto urbano di riferimento. Per garantire il diritto alla mobilità a tutti i cittadini, il Gruppo è anche impegnato nella progressiva eliminazione delle barriere architettoniche e nell'offerta di servizi di assistenza alle persone a ridotta mobilità. In particolare, RFI ha lanciato l'app SalaBlu+ per richiedere assistenza, direttamente dal proprio smartphone, per una delle oltre 300 stazioni gestite dal servizio Sala Blu (*Comunicato Stampa FSI*, 11 giugno 2019).

Lazio: soluzioni innovative nel settore del trasporto ferroviario realizzate da giovani imprese

Si e conclusa la sfida "Digitale per la Mobilità", lanciata da Ferrovie dello Stato Italiane alle giovani imprese e agli innovatori, attraverso il programma di "open innovation" della Regione Lazio. Obiettivo della "challenge", trovare soluzioni innovative per risolvere problematiche legate alla mobilità.

L'iniziativa rientra nel programma strategico di "open innovation" che la Regione Lazio ha attivato da tempo. Si tratta infatti della nona "challenge" finora conclusa con l'obiettivo di mettere in connessione le grandi imprese già attive sui mercati con le energie, la creatività e la competenza di talenti e startup. Un modo per offrire alle giovani imprese che hanno sede o svolgono la propria attività nel Lazio l'opportunità di raggiungere potenziali investitori e aprirsi a nuovi mercati e al tempo stesso un'occasione per le grandi aziende di intercettare idee innovative che difficilmente possono essere sviluppate all'interno.

Le "challenge" della Regione Lazio si svolgono tutte negli Spazi Attivi di Lazio Innova, dove le giovani imprese presentano la loro innovazione alle grandi aziende nazionali con programmi e progetti che riguardano tutti i settori, dall'intelligenza artificiale e i big data alla mobilità intelligente e sostenibile, dall'IoT (Internet of things) alle nuove tecnologie applicate in ambiti tradizionali.

In particolare, questa competizione ha messo al centro il rapporto tra viaggiatori, infrastruttura e treno, nel tentativo di migliorare efficienza ed efficacia del servizio e, al contempo, garantire una migliore qualità della vita alle persone. Si tratta del primo passo della collaborazione tra Ferrovie delle Stato Italiane e Regione Lazio.

Le sei giovani imprese in gara si sono sfidate in due mesi di ideazione e di studio di fattibilità dei progetti, sostenute in un percorso di "mentorship" dai tutor di Lazio Innova, di Ferrovie dello Stato Italiane e di Digital Magics.

L'evento conclusivo si e svolto a Roma presso Wegil e ha visto, tra gli altri, la partecipazione dell'assessore allo Sviluppo Economico della Regione Lazio G. P. Manzella, del Responsabile Innovazione Ferrovie dello Stato Italiane F. Stivali, dello Chief Information Officer di Trenitalia D. Gismondi e di Digital Magics, partner della challenge.

"Questa collaborazione con Ferrovie dello Stato s'inserisce nel programma di challenge organizzate dalla Regione Lazio per provare ad avvicinare innovatori e startup alle grandi aziende del territorio. Quello delle "sfide" è un modo moderno e efficace per valorizzare idee che possono contribuire a migliorare la qualità della vita di tutti noi e diventare business importante per aziende che si affacciano sul mercato. È parte di un impegno per l'innovazione e per l'impresa innovativa che è fra le priorità della nostra azione amministrativa. Un impegno che ha preso le forme del programma "StartupLazio!" al quale Lazio Innova, l'agenzia di sviluppo regionale, collabora la propria capacità organizzativa", ha commentato l'assessore regionale allo Sviluppo Economico G. P. Manzella.

"Il Gruppo FS Italiane è costantemente impegnato per garantire servizi di qualità alle persone e per rendere in Italia più integrata e sostenibile la mobilità condivisa e collettiva", dichiara F. Stivali, Responsabile Innovazione di FS Italiane. "Per FS Italiane, quindi, è sempre più importante aprirsi all'esterno per intercettare idee innovative, ampliando il network dell'innovazione ed entrando in contatto con giovani imprese e startup impegnate nello sviluppo di progetti dedicati alla mobilità integrata. In quest'ottica di "open innovation", la challenge promossa in collaborazione con Lazio Innova costituisce una grande opportunità per FS Italiane di innovazione dei servizi offerti alle persone e al territorio".

La startup vincente Guardian ha ricevuto in premio 10mila euro, mentre a tutti i partecipanti è stata offerta la possibilità di avviare rapporti commerciali e di sinergia con il Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane, contribuendo a sviluppare per l'Italia un grande progetto di mobilità e logistica integrata (*Comunicato Stampa Regione Lazio*, 10 giugno 2019).

Notizie dall'estero
News from foreign countries

Massimiliano BRUNER

TRASPORTI SU ROTAIA
RAILWAY TRANSPORTATION

Internazionale: sicurezza ferroviaria, dal 16 giugno nuove regole sui binari

È stato firmato l'accordo di cooperazione tra l'Agenzia Nazionale per la Sicurezza delle Ferrovie (ANSF) e l'Agenzia dell'Unione Europea per le Ferrovie (ERA) che apre una nuova stagione per la sicurezza sui binari, rendendo operativo il pilastro tecnico del IV Pacchetto Ferroviario, in vigore dal 16 giugno. L'accordo è stato siglato a Roma presso la sede del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti da M. D'ONOFRIO, direttore di ANSF e J. DOPPELBAUER, direttore esecutivo dell'ERA.

"La sicurezza delle nostre ferrovie – ha commentato il Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti, D. TONINELLI - è per me una priorità assoluta nell'azione del Governo, così come lo è la manutenzione di tutte le infrastrutture esistenti. L'Italia, e lo dico con molto orgoglio, è tra i primi Paesi a livello europeo ad aver recepito il IV Pacchetto Ferroviario e la firma dell'accordo che ne rende operativo il pilastro tecnico è un traguardo che ci deve spronare tutti a fare sempre meglio per incentivare l'uso del treno come mezzo di trasporto veloce e poco inquinante. E per garantire a chi lo sceglie un viaggio in piena tranquillità".

"Siamo onorati di avviare un processo di cooperazione e collaborazione con l'ERA e con gli altri Stati membri – ha dichiarato M. D'ONOFRIO, direttore dell'ANSF – finalizzato a sviluppare e migliorare la sicurezza del sistema ferroviario in un'ottica di liberalizzazione dei trasporti per ferrovia".

L'accordo rappresenta l'ultimo adempimento necessario per la completa applicazione e attivazione del nuovo regime giuridico introdotto dal IV Pacchetto Ferroviario con le Direttive Ue 797/2016 (interoperabilità) e 798/2016 (sicurezza) recepite in Italia con due decreti legislativi approvati in via definitiva dal Consiglio dei ministri lo scorso 8 maggio e in via di pubblicazione in Gazzetta Ufficiale. Le nuove norme entrano in vigore a partire dal 16 giugno in quanto l'Italia, insieme a Francia, Olanda, Germania, Bulgaria, Finlandia, Romania, Slovenia e Grecia, non si è avvalsa della possibilità di deroga contenuta nelle norme comunitarie che permette una dilazione dell'applicazione del nuovo regime fino al 16 giugno 2020.

Dal 16 giugno, quindi, cambiano le modalità di richiesta ed emissione dei certificati di sicurezza, i documenti necessari alle aziende per svolgere qualsiasi attività sui binari e le procedure per la messa sul mercato dei veicoli ferroviari. Le aziende potranno rivolgersi direttamente all'ERA che, in accordo e con l'aiuto dell'ANSF, rilascerà la documentazione in relazione all'area d'uso del veicolo o alla tratta richiesta per il certificato di sicurezza. L'accordo sottoscritto disciplina le responsabilità nel processo autorizzativo e stabilisce le procedure e le attività comuni che, per la specificità relativa ad ogni Stato membro, non potevano essere previste nella normativa europea di riferimento (*Comunicato stampa ANSF-European Railway Agency*, 7 giugno 2019).

International: railway safety, from June 16th new rules on the tracks

The cooperation agreement between the National Railway Safety Agency (ANSF) and the European Union Agency for Railways (ERA) has been signed, which opens a new season for safety on the tracks, making the technical pillar operational of the IV Railway Package, in force since June 16th. The agreement was signed in Rome at the headquarters of the Ministry of Infrastructure and Transport by M. D'ONOFRIO, director of ANSF and J. DOPPELBAUER, executive director of the ERA.

"The safety of our railways - said the Minister of Infrastructure and Transport, D. TONINELLI - is for me an absolute priority in the Government's action, as is the maintenance of all existing infrastructures. Italy, and I say this with great pride, is among the first countries in Europe to have incorporated the IV Railway Package and the signing of the agreement that makes it operational the technical pillar is a goal that should spin us all to always do better to encourage the use of the train as a fast and less polluting means of transport. And to guarantee those who choose it a journey in complete tranquility".

"We are honored to initiate a process of cooperation and collaboration with the ERA and with the other Member States - stated M. D'ONOFRIO, director of the ANSF - aimed at developing and improving the safety of the railway system with a view to liberalization of rail transport".

The agreement represents the last fulfillment necessary for the complete application and activation of the new legal regime introduced by the IV Railway Package with the EU Directives 797/2016 (interoperability) and 798/2016 (safety) implemented in Italy with two legislative decrees approved in final from the Council of Ministers last May 8th and being published in the Official Journal. The new rules come into effect as of June 16th, as Italy, together with France, Holland, Germany, Bulgaria, Finland, Ro-

mania, Slovenia and Greece, has not made use of the possibility of derogation contained in the Community rules that allows a extension of the application of the new regime until June 16th 2020.

*From June 16th, therefore, the procedures for requesting and issuing safety certificates, the documents necessary for companies to carry out any activity on the tracks, and the procedures for placing railway vehicles on the market will change. Companies can apply directly to the ERA which, in agreement and with the help of the ANSF, will release the documentation in relation to the area of use of the vehicle or to the route required for the safety certificate. The agreement governs the responsibilities in the authorization process and establishes the common procedures and activities which, due to the specific nature of each Member State, could not be envisaged in the relevant European legislation (*Press Release ANSF-European Railway Agency, *June 7th 2019).*

TRASPORTI URBANI
URBAN TRANSPORTATION

Canada: inaugurata la ferrovia leggera Waterloo ION

La prima sezione della linea ferroviaria leggera ION nella Regione di Waterloo è stata inaugurata il 21 giugno durante una cerimonia presso la fermata Fairway di Kitchener. Il viaggio è gratuito fino al 1 luglio.

La linea di 16 km serve 19 fermate su un allineamento per lo più contenuto tra Congestoga a Waterloo e Fairway. I servizi passano ogni 8 minuti nel periodo di punta e ogni 15 minuti nel periodo di morbida, e il numero di passeggeri al giorno è pari a 25.000.

Il consorzio GrandLinq di Keolis Grand River, Plenary Group, Meridiam, Kiewit e Aecon hanno costruito la linea sotto forma di progettazione, assemblaggio, finanziamento, gestione e manutenzione di concessioni PPP rilasciate a maggio 2014. Ciò include 10 anni di servizio e 30 anni di manutenzione. Una cerimonia di grande risonanza si è tenuta nell'agosto 2014.

Bombardier ha fornito 14 veicoli per la metropolitana leggera Flexity Freedom dai suoi stabilimenti di Thunder Bay e Kingston con un contratto di C $ 66 milioni firmato nel 2013 con la Regione di Waterloo, che include opzioni per altri 14. I veicoli a pianale ribassato a cinque moduli misurano 30,2 m di lunghezza e 2 650 mm di larghezza con una capacità di 200 passeggeri.

La Fase 1 include anche la linea di transito rapido tra Cambridge e Kitchener, aperta a settembre 2015. La Fase 2, che è ancora in progettazione, la convertirà in metropolitana leggera (*Comunicato stampa GRT News*, 18 giugno 2019).

Canada: Waterloo ION light rail inaugurated

The first section of the ION light rail line in the Region of Waterloo was inaugurated on June 21st at a ceremony at Fairway stop in Kitchener. Travel is free until July 1st.

The 16 km line serves 19 stops on a mostly segregated alignment between Congestoga in Waterloo and Fairway. Services run every 8 min in the peaks and every 15 min off-peak, and ridership is expected to be 25 000 passengers per day.

The GrandLinq consortium of Keolis Grand River, Plenary Group, Meridiam, Kiewit and Aecon have built the line under a design, build, finance, operate and maintain PPP concession awarded in May 2014. This includes 10 years of operations and 30 years of maintenance. A groundbreaking ceremony was held in August 2014.

Bombardier has supplied 14 Flexity Freedom light rail vehicles from its Thunder Bay and Kingston plants under a C$66m contract signed with the Region of Waterloo in 2013 that includes options for 14 more. The five-section low-floor vehicles are 30·2 m long and 2 650 mm wide with a capacity of 200 passengers.

*Stage 1 also includes a bus rapid transit route between Cambridge and Kitchener, which opened in September 2015. Stage 2, which is still in the planning stage, will convert this to light rail (*GRT News Press Release, *June 19th, 2019).*

TRASPORTI INTERMODALI
INTERMODAL TRANSPORTION

Svizzera: ampliare il traffico cinese e rafforzare l'area terminalistica di Duisburg

L'operatore svizzero del trasporto combinato Hupac Intermodal e Duisburger Hafen AG (Duisport) intensificano la loro collaborazione per sviluppare ulteriormente il trasporto combinato a basso impatto ambientale. L'attenzione si concentra sul rafforzamento dell'area terminalistica di Duisburg e sulla cooperazione in materia di trasporti tra Europa e Cina.

In occasione della fiera Transport Logistic di Monaco di Baviera, Hupac, in qualità di operatore di una delle più grandi reti intermodali in Europa, e Duisport, come il più importante *hub* logistico dell'Europa centrale, si sono accordati per sviluppare ulteriormente l'area del terminal di Duisburg e creare così capacità di trasbordo per nuovi collegamenti intermodali. Hupac ha un forte interesse a espandere il proprio traffico nella Regione Reno/Ruhr, utilizzando ulteriori capacità terminalistiche nel senso di hub. Con la creazione di un sistema virtuale, le varie sedi dei terminali di Duisport devono essere collegate in rete in modo efficiente.

Un altro punto chiave è il miglioramento dei collegamenti dei porti occidentali di Anversa, Rotterdam e Zeebrugge. Ciò rafforzerà il porto di Duisburg come porta d'ingresso per il trasporto *inland* di merci marittime in Europa.

Inoltre, Duisport e Hupac collaboreranno più strettamente per ottimizzare le loro attività nell'ambito dell'iniziativa "Belt & Road". En-

trambi i partner svilupperanno congiuntamente i terminal lungo la Via della Seta e lavoreranno a soluzioni per ridurre i tempi di percorrenza dei treni cinesi.

"Vediamo un grande potenziale nel rafforzare la nostra cooperazione decennale. Lo scopo è quello di realizzare gli obiettivi di trasferimento della Svizzera sull'asse nord-sud e di collegare la rete Hupac nell'Europa centrale ai flussi di traffico transcontinentale sull'asse est-ovest. A tal fine costruiamo insieme un "pipeline", rafforziamo la "location" di Duisburg e sfruttiamo la forza dei rispettivi partner", spiega M. Stahlhut, CEO di Hupac Intermodal.

Il CEO di Duisport E. Staake dichiara: "Grazie a questa collaborazione stiamo sviluppando ulteriori offerte per i nostri clienti e, come porto premium, stiamo espandendo ulteriormente la nostra rete internazionale e la nostra posizione come il più importante *hub* europeo del commercio intraeuropeo e internazionale (*Comunicato Stampa Hupac*, 5 giugno 2019).

Switzerland: expansion of China transport and strengthening of the Duisburg terminal area

The Swiss combined transport operator Hupac Intermodal and Duisburger Hafen AG (Duisport) are intensifying their cooperation to further develop climate-friendly combined transport. The focus will be on strengthening the Duisburg terminal area and cooperation for transport between Europe and China.

At the Transport Logistic trade fair in Munich, Hupac as operator of one of the largest intermodal networks in Europe and duisport as the most important logistics hub in Central Europe agreed to further develop the Duisburg terminal area and thus create transhipment capacities for new intermodal connections. Hupac has a strong interest in further expanding its traffic in the Rhine/Ruhr Region by using additional terminal capacities as a hub. By setting up a concept of virtual operation, the various terminal locations of Duisport are to be efficiently networked.

Another priority is the improved connection of the western ports of Antwerp, Rotterdam and Zeebrugge. This will strengthen the Port of Duisburg as a gateway for the onward transport of maritime freight within Europe.

In addition, Hupac and Duisport will cooperate more closely to optimise their activities as part of the "Belt & Road" initiative. Both partners will jointly develop terminals along the Silk Road and work on solutions to reduce the journey times of Chinese trains.

"We see great potential in strengthening our decades of cooperation. The aim is to implement Switzerland's modal shift targets on the north-south axis, and to connect the Hupac network in central Europe to the transcontinental traffic flows on the east-west axis. To this end we are jointly building a pipeline, strengthening the Duisburg location and using the strength of the respective partner", says M. Stahlhut, CEO of Hupac Intermodal.

*And E. Staake, CEO of Duisport, says: "Through this cooperation, we are developing additional services for our customers and we are expanding our international network as a premium port and our position as the most important European hub in intra-European and international trade" (*Hupac Press Release*, June 5th 2019).*

INDUSTRIA
MANUFACTURES

Germania: *Innovation Award 2019*

Isoil Industria SpA desidera segnalare che la sua rappresentata Deuta Werke ha vinto il German Innovation Award 2019 in due categorie grazie alla sua tecnologia brevettata "SelectTrust®".

La tecnologia "SelectTrust®" controlla l'attivazione o il rilascio di un'area del touch e la trasmissione singola o permanente dell'attivazione. Questa tecnologia soddisfa quindi i requisiti della Subset-091 (Safety Requirements for the Technical Interoperability) per i veicoli ferroviari con una soluzione sicura, flessibile ed economica, grazie alla quale i suoi MMI (Man Machine Interface) sono stati certificati SIL2 come richiesto dalla normativa europea ERTMS BL3 per l'interoperabilità dei treni tra le varie nazioni europee.

I vincitori del German Innovation Award 2019 sono stati premiati in occasione di un evento di gala festivo al Deutsches Technikmuseum di Berlino lo scorso 28 maggio 2019, a cui hanno partecipato in esclusiva le principali personalità tedesche dell'industria, uomini di affari, politici e media.

Il German Design Council, istituito dal Bundestag tedesco, con la sua giuria interdisciplinare di esperti dell'industria, della scienza, delle istituzioni e della finanza, ha premiato la tecnologia di sicurezza Deuta SelectTrust® in due categorie dell'innovazione tedesca:

– Eccellenza in Business to Business - Vincitore per le tecnologie elettroniche;
– Pensare al design.

Questi premi sono di particolare importanza per Deuta perché il German Innovation Award premia le innovazioni che influiscono positivamente sul futuro e si concentrano sulle persone. Ciò corrisponde al principio guida di Deuta sotto due aspetti: da un lato, consentire la protezione dei passeggeri con i più elevati standard di sicurezza nel traffico di veicoli ferroviari e, dall'altro, consentire agli operatori di dialogare con senso di fiducia e affidabilità con il sistema tecnico.

Con la tecnologia "SelectTrust®" brevettata nel 2011, Deuta ha assunto un ruolo pionieristico nel campo dei terminali ferroviari in sicurezza. La tecnologia "SelectTrust®" può essere integrata in terminali standard e, se necessario, successivamente adattata a terminali esistenti. Vengono così esclusi rischi per la sicurezza

dovuti a malfunzionamenti o cattivo utilizzo dei terminali di controllo. Il campo di applicazione della tecnologia "Select-Trust®" non è solo limitata al settore dei veicoli ferroviari ma può essere utilizzata anche in altre applicazioni industriali dove la sicurezza delle persone e degli impianti costituiscono un elemento fondamentale. Deuta collabora con rinomate aziende industriali per l'applicazione della sua tecnologia anche su terminali di della macchine operatrici, in quanto soddisfano le normative dell'industria per la direttiva macchine operatrici.

Solo prodotti e soluzioni di aziende con un elevato grado di innovazione vengono premiati con questo riconoscimento. I criteri di valutazione del German Innovation Award includono, a titolo esemplificativo ma non esaustivo, i vantaggi per l'utente, la strategia di innovazione, la sostenibilità sociale, ecologica ed economica, nonché il potenziale del sito e dell'occupazione.

- *Nota per il lettore:*

L'azionista di Deuta, W. RENSCH, con l'amministratore delegato Dr. R. GANZ, hanno dimostrato particolare soddisfazione per il premio e per la sua presentazione nel Deutsches Technikmuseum. Il museo ospita molti tesori della lunga storia di Deuta, iniziata a Berlino nel 1905 (*Comunicato Stampa Isoil*, 29 maggio 2019).

Germany: Innovation Award 2019

Isoil Industria SpA wishes to point out that its representative Deuta Werke has won the German Innovation Award 2019 in two categories thanks to its patented "SelectTrust®" technology.

The "SelectTrust®" technology controls the activation or release of a touch area and the single or permanent transmission of activation. This technology therefore meets the requirements of the Subset-091 (Safety Requirements for the Technical Interoperability) for railway vehicles with a safe, flexible and economical solution.

Thanks to which its MMI (Man Machine Interface) have been certified SIL2 as required by the European regulation ERTMS BL3 for the interoperability of trains between the various European nations.

The winners of the German Innovation Award 2019 were honored at a festive gala event at the Deutsches Technikmuseum in Berlin on May 28, 2019. The main German industry personalities, businessmen, thumbs, media took part exclusively in this event.

The German Design Council, established by the German Bundestag, with its interdisciplinary jury of industry, science, institutions and finance experts, awarded Deuta "SelectTrust®" safety technology in two categories of German innovation awards:

- *Excellence in Business to Business - Winner for electronic technologies*
- *Think of design.*

These awards are of particular importance to Deuta because the German Innovation Award rewards innovations that positively affect the future and focus on people. This corresponds to the guiding principle of Deuta in two respects: on the one hand, to allow the protection of passengers with the highest safety standards in the traffic of railway vehicles and, on the other, to allow operators to dialogue with a sense of trust and reliability with the technical system.

With the patented "SelectTrust®" technology in 2011, Deuta has taken on a pioneering role in the field of safe railway terminals. The "SelectTrust®" technology can be integrated into standard terminals and, if necessary, subsequently adapted to existing terminals. Safety risks due to malfunctions or misuse of control terminals are thus excluded. The scope of the "Select-Trust®" technology is not only limited to the rail vehicle sector but can also be used in other industrial applications where the safety of people and facilities is a key element. Deuta collaborates with renowned industrial companies for the application of its technology also on terminals of the operating machines, so they comply with the regulations of the machinery directive.

Only products and solutions from companies with a high degree of innovation Are rewarded with this recognition. The evaluation criteria of the German Innovation Award include, but are not limited to, the advantages for the user, the innovation strategy, social, ecological and economic sustainability, as well as the potential of the site and employment.

- Note to the reader:

*The shareholder of Deuta, W. RENSCH, with the managing director Dr. R. GANZ, were particularly pleased with the award and his presentation in the Deutsches Technikmuseum. The museum houses many treasures from Deuta's long history, which began in Berlin in 1905 (*Isoil Press Release, *May 29th 2019).*

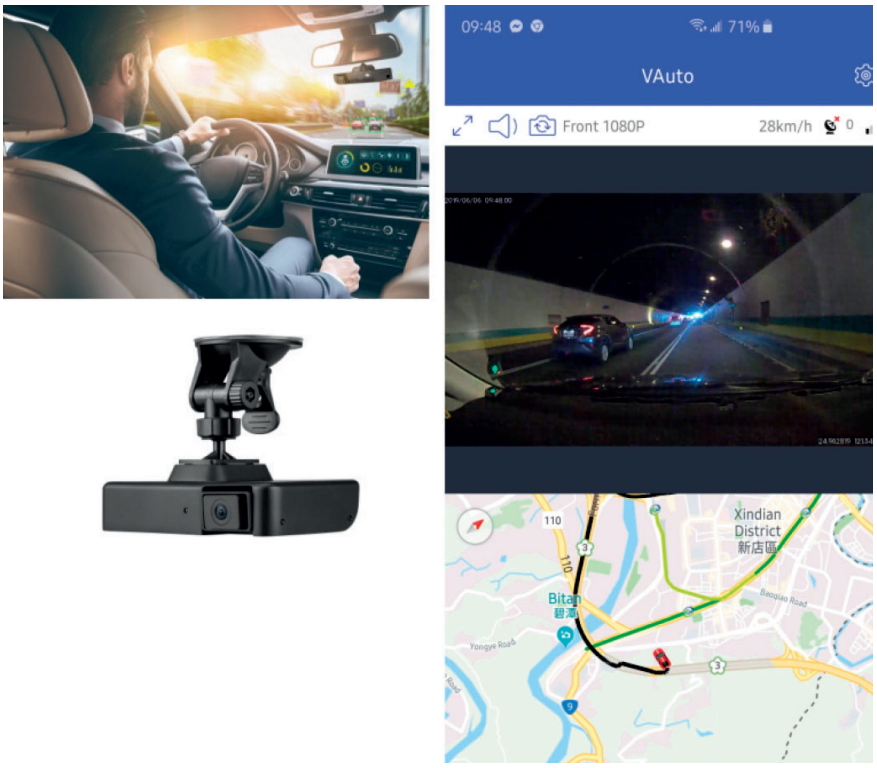
VARIE
OTHERS

Taiwan: un Drive Recorder per migliorare la sicurezza dei conducenti

Via Technologies Inc. annuncia un nuovo Drive Recorder, un sistema di sicurezza per veicoli a doppia telecamera per uso commerciale che consente agli operatori delle flotte aziendali di veicoli di ottenere una maggiore efficienza degli "asset", ridurre i costi operativi e migliorare la sicurezza del conducente.

Il Via Mobile360 D700 è un dispositivo di bordo robusto e compatto (Fig. 1) che supporta l'erogazione di potenza standard all'interno del veicolo utilizzando sia prese da 12 V, sia installazione di cavi rigidi direttamente nella scatola dei fusibili del veicolo. Include due fotocamere 1080P che catturano simultaneamente filmati video HD del conducente e degli altri occupanti della vettura, oltre alle condizioni stradali.

Con il suo supporto per l'integrazione di Gps, 4G Lte, Wi-Fi e Can bus, Via Mobile360 D700 può inviare al cloud dati telematici dettagliati re-



(Fonte - *Source*: Via Technologies)

Fig. 1 - Il nuovo dispositivo di registrazione di eventi automobilistici.
Fig. 1 - The new vehicle event registration device.

lativi al conducente e ai veicoli in tempo reale. Tutto questo per fornire informazioni utili ai gestori di flotte e aumentare l'efficienza operativa riducendo al minimo i tempi di inattività dei veicoli, migliorando il *routing* e l'utilizzo degli "asset" e diminuendo i costi derivanti da danni a veicoli e crediti di assicurazione falsi. È inoltre possibile impostare "trigger" di eventi personalizzabili per tenere i manager sempre informati sugli incidenti critici, come ad esempio le collisioni, così da poter valutare immediatamente la situazione e fornire una risposta rapida e appropriata.

Per facilitare lo sviluppo e l'implementazione di applicazioni e servizi di gestione della flotta, Via Mobile360 D700 viene fornito con un Sdk completo (Software Development Kit) che supporta l'integrazione del cloud Microsoft Azure e Via E-Track. È inoltre disponibile un'app di riferimento per smartphone Android personalizzabile con una ricca interfaccia grafica per la visualizzazione in tempo reale del video di viaggio e dei dati di utilizzo del veicolo.

"La sicurezza del conducente e l'analisi delle prestazioni del veicolo sono due aspetti chiave nella gestione della flotta che in genere necessitano di sistemi differenti e separati", ha affermato R. Brown, Vice President e del Marketing Via Technologies, Inc. "Il nuovo Drive Recorder VIA Mobile360 D700 combina questi elementi in un dispositivo compatto, altamente integrato che semplifica l'implementazione operativa e il funzionamento efficiente delle flotte in tempi brevissimi".

Il Via Mobile360 D700 fa parte della famiglia di sistemi di bordo per veicoli commerciali Via Mobile360, che possono essere adattati per soddisfare singoli requisiti di distribuzione, dal servizio taxi al "ride hailing", ai servizi di consegna, agli operatori del trasporto su strada e alle forze dell'ordine.

Sono già disponibili i primi "sample" di Via Mobile360 D700 ed è possibile usufruire di una gamma completa di servizi di personalizzazione per soddisfare requisiti specifici di installazione e implementazione (*Comunicato Stampa Via Technologies*, 19 giugno 2019).

Taiwan: a Drive Recorder to improve driver safety

Via Technologies, Inc. announces a new Drive Recorder, a dual-camera commercial vehicle safety system that enables corporate vehicle fleet operators to achieve greater asset efficiency, reduce operating costs and improve driver safety.

The Via Mobile360 D700 is a robust and compact on-board device (Fig. 1) that supports standard power delivery inside the vehicle using either 12 V sockets or rigid cable installation directly into the vehicle fuse box. Includes two 1080P cameras that simultaneously capture HD video footage of the driver and other occupants of the car, in addition to road conditions.

With its support for the integration of GPS, 4G Lte, Wi-Fi and Can bus, Via Mobile360 D700 can send detailed telematic data relating to the driver and vehicles in real time to the cloud. All this to provide useful information to fleet managers and increase operational efficiency by minimizing vehicle downtime, improving routing and asset utilization and decreasing costs for vehicle damage and false insurance claims. It is also possible to set customizable event triggers to keep managers informed of critical incidents, such as collisions, so they can immediately assess the situation and provide a quick and appropriate response.

To facilitate the development and implementation of fleet management applications and services, Via Mobile360 D700 comes with a complete SDK (Software Development Kit) that supports the integration of the Microsoft Azure cloud and Via E-Track. There is also a reference app for customizable Android smartphones with a rich graphical interface for real-time viewing of the travel video and vehicle usage data.

"Driver safety and vehicle perfor-

mance analysis are two key aspects in fleet management that typically require different and separate systems," said R. Brown, Vice President of Marketing, Via Technologies, Inc. "The new VIA Mobile360 D700 Drive Recorder combines these elements into a compact, highly integrated device that simplifies operational deployment and efficient fleet operation in a very short time".

The Via Mobile360 D700 is part of the Via Mobile360 on-board commercial vehicle family, which can be adapted to meet individual distribution requirements, from taxi service to ride hailing, delivery services, road transport operators and forces order.

*The first samples of Via Mobile360 D700 are already available and it is possible to take advantage of a complete range of customization services to meet specific installation and implementation requirements (*Via Technologies Press Release, *June 19th, 2019).*

PERSONALIA
PERSONALIA

USA: 150 anni di scalate

Il 3 luglio 1869 la prima ferrovia di montagna a cremagliera del mondo effettuava la sua corsa inaugurale raggiungendo la cima del Monte Washington in America: da allora questa linea non ha mai smesso di funzionare (è gestita ancora oggi in parte con materiale rotabile d'epoca!) e ed essa si sono affiancate successivamente numerosi altri impianti "ad aderenza artificiale" in ogni parte del pianeta. A distanza di 150 anni, il presente testo si propone di commemorare quella storica data.

Il Monte Washington (o Agiocochook nel linguaggio nativo americano) è situato nello stato del New Hampshire, circa 200 km a nord di Boston. Alto 1916 metri, è la cima più elevata delle White Mountains, appartenenti alla lunga catena dorsale dei Monti Appalachi che corre parallela alla costa atlantica, ed è famoso per le sue condizioni climatiche particolarmente inclementi (Fig. 2). Alle sue pendici, nel Grand Hotel Mount Washington di Bretton Woods, si tenne nel 1944 la famosa Conferenza che portò alla creazione del Fondo Monetario Internazionale.

A metà Ottocento le montagne non erano certo meta del turismo massa: le lunghe e faticose ascensioni a piedi erano riservate ad escursionisti appassionati ed esperti, talvolta aiutati da animali da soma. L'idea di costruire una ferrovia di montagna ad uso turistico venne a un imprenditore americano, S. Marsh (1803-1884) (Fig. 3), che progettò espressamente un sistema a cremagliera in collaborazione con l'ingegnere e inventore W. Aiken.

A dire il vero, una rudimentale cremagliera era già stata inventata dagli inglesi J. Blenkinsop e M. Murray e utilizzata fra il 1812 e il 1838 in una ferrovia mineraria per il trasporto del carbone, mentre fra 1847 e il 1868 aveva funzionato in America un tratto di cremagliera sulla ferrovia Madison-Indianapolis con un sistema ideato da A. Cathcart: in entrambi i casi però, la cremagliera fu rimossa quando entrarono in funzione locomotive a vapore più potenti. Inoltre le pendenze da superare non superavano il valore del 6%.

Il sogno di Marsh era di realizzare un'impresa eccezionale, una *"railway to the moon"*, come fu definita ironicamente dai suoi detrattori, a dispetto dei quali egli riuscì a coinvolgere nel progetto le autorità locali e a trovare i necessari finanziamenti. I lavori iniziarono nell'estate del 1866 e tre anni dopo la linea fu completata.

La linea collega la stazione di Marshfield a quota 820 m (antico nodo di interscambio con la "Boston & Maine Railroad" e sede del deposito vetture) con la cima del Monte Washington (Figg. 4 e 5), con un dislivello di 1100 m. Il tracciato è lungo 4536 m, interamente provvisto di cremagliera con scartamento di 1411 mm; il raggio minimo delle curve è di 150 m.

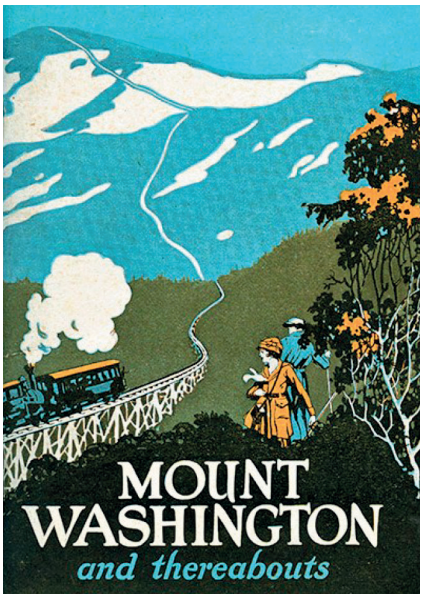


Fig. 2 - Brochure storica: Immagine da volantino d'epoca. Pubblicità della ferrovia del Monte Washington / Anni 1920 (Archivio R. Cambursano).
Fig. 2 - Historical brochure: Vintage flyer image. Advertising of the Monte Washington railway / 1920s (Courtesy R. Cambursano).

In origine, non essendo ancora stati inventati i moderni scambi a cremagliera, il cambio di binario si effettuava al capolinea/deposito mediante piattaforme girevoli; lungo la linea erano invece presenti due tratti di binario morto che permettevano l'incrocio dei treni ascendenti e di-

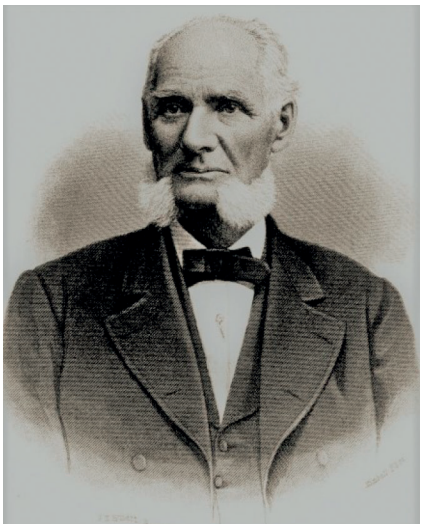


Fig. 3 - Sylvester Marsh: Fotografia d'epoca (Archivio R. Cambursano).
Fig. 3 - Sylvester Marsh: Old Photography (Courtesy R. Cambursano).

Fig. 4 - Verso la cima: Foto Stannate-Lic.CC.2.0 / Il binario sul tratto superiore della linea / 2009 (Archivio R. CAMBURSANO).
Fig. 4 - Towards the top: Stannate Photos-Lic.CC.2.0 / The track on the upper section of the line / 2009 (Courtesy R. CAMBURSANO).

Fig. 5 - Arrivo in cima: Foto DNoahg-Lic.CC4.0 Convoglio formato dalla locomotiva a vapore "Agiocochook"e un vagone passeggeri "replica" in arrivo alla stazione di monte / 2017 (Archivio R. CAMBURSANO).
Fig. 5 - Arrival on the top: Photo DNoahg-Lic.CC4.0 Convoy formed by the "Agiocochook" steam locomotive and a "replica" passenger wagon arriving at the mountain station / 2017 (Courtesy R. CAMBURSANO).

scendenti, dotati ciascuno di un rudimentale scambio con nove parti mobili che dovevano essere manovrate a mano una per una. Dal 1941 sono presenti doppi scambi di tipo moderno sui due tratti intermedi di raddoppio del binario, che permettono l'incrocio dei treni senza manovre di retromarcia (Fig. 6).

Una caratteristica peculiare di questa ferrovia a cremagliera è che è l'unica esistente al mondo che poggia quasi interamente su una incastellatura di legno formata da pali disposti a graticcio (*"trestle"*) (Fig. 7): la via ferrata non è quindi adagiata direttamente al terreno, bensì all'incastellatura che sostiene le traversine, sulle quali poggiano le rotaie e la cremagliera con l'interposizione di tre longherine longitudinali di legno. La scelta di questo particolare tipo di sede permise di ridurre al minimo i costi di costruzione, dato che il binario ha potuto seguire la pendenza naturale del terreno senza bisogno di ponti, muri e gallerie e praticamente senza lavori di sterro o riporto di terra: ciò le conferisce un aspetto "western" molto diverso da quello delle linee europee.

La cremagliera (Fig. 8), posata in asse al binario, è costituita da due barre parallele in ghisa con sezione a "L" collegate da pioli orizzontali tondi in acciaio inseriti in fori a distanza regolare. L'aspetto della cremagliera Marsh è quello di una scala a pioli in miniatura, tanto che la struttura venne subito popolarmente soprannominata "Jacob's ladder", a ricordo della biblica "Scala di Giacobbe" che congiungeva la terra al cielo. Il sistema Marsh servì da modello per le prime ferrovie a cremagliera europee, costruite con il sistema Riggenbach (la seconda linea al mondo e prima in Europa fu quella del Monte Rigi in Svizzera nel 1871), anch'esso somigliante a una piccola scala a pioli e distinguibile dal Marsh essenzialmente per la sezione dei pioli, che è trapezoidale anziché cilindrica.

Ma la caratteristica tecnica più impressionante è l'inclinazione del tracciato, con una pendenza che arriva al vertiginoso valore del 37,7%: è stata la ferrovia ad aderenza artificiale più ripida del mondo fino al 1889, quando il primato le fu strappato dalla linea svizzera del Monte

Fig. 6 - Tratto di raddoppio con serbatoio dell'acqua: Foto Roy Luck-Lic.CC2.0 / Un tratto intermedio di raddoppio del binario per l'incrocio dei treni, con serbatoio per la ricarica dell'acqua / 2018. (Archivio R. CAMBURSANO).
Fig. 6 - Doubling tract with water tank: Photo Roy Luck-Lic.CC2.0 / An intermediate doubling of the track for the crossing of the trains, with a tank for refilling the water / 2018. (Courtesy R. CAMBURSANO).

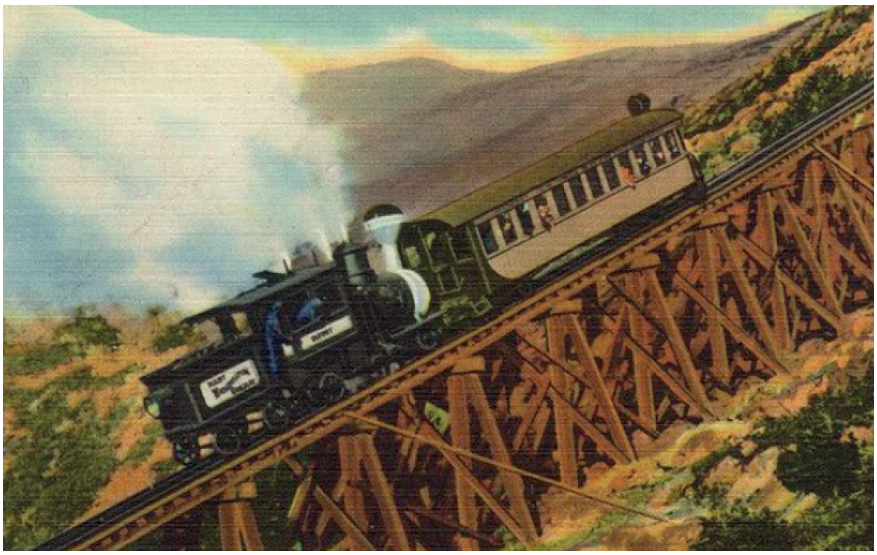


Fig. 7 - The "Trestle": Cartolina d'epoca. Tipica immagine della ferrovia con la struttura portante a graticcio ("Trestle") / Anni 1930. (Archivio R. Cambursano).
Fig. 7 - The "Trestle": Vintage postcard. Typical image of the railway with a trellis bearing structure ("Trestle") / 1930s. (Courtesy R. Cambursano).

Pilatus (che ha una pendenza massima del 48% ed è dotata di cremagliera Locher a doppia ruota dentata orizzontale). È comunque a ancora oggi la seconda linea a cremagliera al mondo per pendenza e la prima fra quelle a ruota dentata verticale.

È curiosa la storia della "Devil's shingle" ("Slitta del diavolo") (Fig. 9), un marchingegno utilizzato agli inizi del Novecento dai lavoratori della compagnia per scendere individualmente lungo il binario a gran velocità sfruttando la forza di gravità.

Questo consisteva in una tavola di legno lunga 90 cm e larga 25 cm, su cui sedeva a cavalcioni il malcapitato, sagomata in modo da scorrere longitudinalmente intorno al profilato della cremagliera centrale e dotata di maniglie laterali che, se tirate, fungevano da freno per attrito sul profilato metallico. Una tipica discesa durava 10 minuti, ma i lavoratori ingaggiarono una vera e propria competizione che portò il record a 2 minuti e 45 secondi! Dopo l'ennesimo incidente mortale però, la Compagnia proibì l'uso di questi infernali attrezzi nel 1907.

Nel normale esercizio, si ricorda un solo grave incidente avvenuto nel 1967, quando un deragliamento su uno scambio mal posizionato causò la morte di 8 passeggeri e il ferimento di altri 72.

Il parco rotabile circolante, tutto di produzione americana, è abbastanza eterogeneo. La prima locomotiva (Fig. 10), entrata in servizio già durante la fase di costruzione della linea e usata per il trasporto dei materiali, era dotata di una caldaia verticale che la faceva assomigliare a una bottiglietta di salsa piccante (di qui il nomignolo "Peppersass") e disponeva di un'unica ruota dentata motrice collegata a due cilindri a vapore, montata sull'asse di valle in mezzo alle due normali ruote ferroviarie; le ruote dell'asse di monte erano folli e servivano solo a sostenere il peso del veicolo.

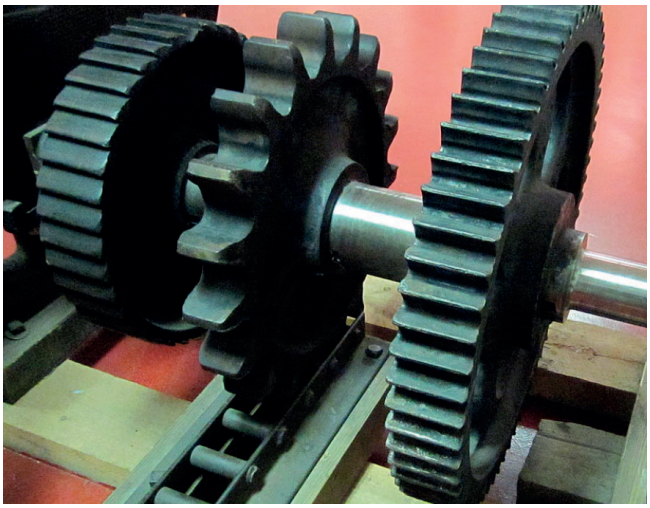


Fig. 8 - Cremagliera Marsh: Foto Kremerbi-Lic.CC3.0. Maquette con rotaia e ruota dentata Marsh esposta al Museo della Ferrovia del Monte Washington / 2012 (Archivio R. Cambursano).
Fig. 8 - Marsh Rack: Photo Kremerbi-Lic.CC3.0. Marsh Maquette with rail and cogwheel exhibited at the Museum of the Monte Washington Railway / 2012 (Courtesy R. Cambursano).

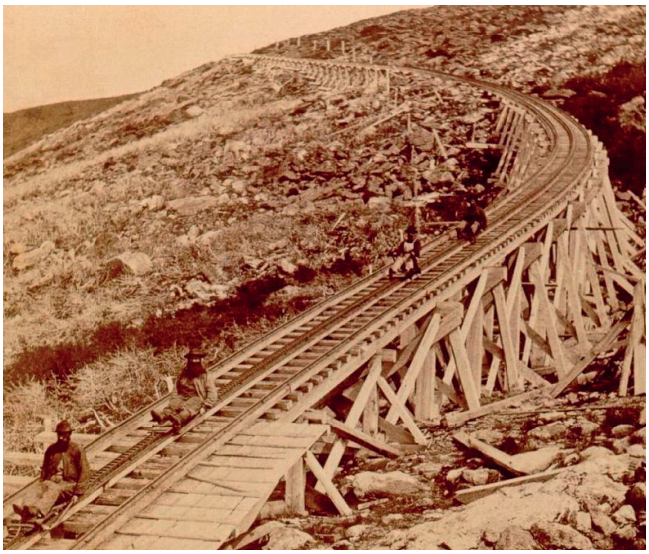


Fig. 9 - La "Devil's Shingle": Foto B.W.Kilburn-PD. La pratica della "Devil's shingle" ("Scandola del diavolo") / Anni 1880 (Archivio R. Cambursano).
Fig. 9 - The "Devil's Shingle": Photo B.W.Kilburn-PD. The practice of "Devil's shingle" ("Devil's shingle") / 1880s (Courtesy R. Cambursano).

Fig. 10 - Locomotiva "Peppersass", Foto Dan Crow-Lic.CC3.0: La "Peppersass", prima locomotiva della linea del Monte Washington, esposta presso la stazione di valle / 2006. (Archivio R. Cambursano).
Fig. 10 - Locomotive "Peppersass", Photo Dan Crow-Lic.CC3.0: The "Peppersass", the first locomotive of the Mount Washington line, exhibited at the valley station / 2006. (Courtesy R. Cambursano).

"Agiocochook" (1883, proveniente dalla linea di Green Mountain), la n. 6 "Kancamagus" (1874) e la n. 9 "Waumbeck" (1908). Nel 1972 e nel 1983 furono costruite ex-novo dalle officine aziendali due macchine–replica a vapore, entrambe però ormai tolte dal servizio. La velocità di esercizio per i treni a vapore è di 4,5 km/ora in salita e 7,4 km/ora in discesa: i tempi ordinari di viaggio sono conseguentemente di 65 minuti in salita e di 40 minuti in discesa.

A partire dal 2008 è stata progressivamente ridotta la trazione a vapore allo scopo di ridurre i costi e ridurre i tempi di viaggio: attualmente ci si avvale in modo intensivo di sei locomotive diesel-elettriche fabbricate dalle officine aziendali e alimentate con una miscela di bio-diesel, obiettivamente assai brutte esteticamente, che effettuano la salita in 37 minuti (Fig. 12); la trazione a vapore è limitata a una o due coppie di corse ordinarie al giorno a seconda della stagione. Completano il parco rotabile otto vagoni passeggeri, tutti di tipo

Sulle altre locomotive entrate successivamente in servizio comparvero progressivamente varie innovazioni: il "freno atmosferico di sicurezza" (un dispositivo ad aria compressa di vitale importanza su pendenze così accentuate, che rendeva superfluo il ricorso alla frenatura a controvapore caratteristica delle macchine a vapore), la doppia ruota dentata motrice (che garantiva una trazione molto più potente con due doppi cilindri) e poi la caldaia orizzontale. Ogni motrice, sempre contraddistinta da un nome proprio, ha sempre potuto spingere un solo vagone passeggeri; per motivi di sicurezza, la locomotiva è sempre collocata a valle del convoglio, in modo da spingerlo in salita e trattenerlo in discesa (questa pratica si è poi sempre mantenuta sulle ferrovie di montagna fino ai nostri giorni).

Quattro locomotive a vapore sono operative ancora oggi, tutte costruite in New Hampshire dalla Manchester Locomotive Works: la n. 2 "Ammonoosuc" (1875) (Fig. 11), la n. 3

Fig. 11 - Manovra in stazione, Foto Gwernol-Lic.CC.3.0: La locomotiva a vapore "Ammonoosuc" aggancia una vettura rimorchiata sul piazzale della stazione inferiore, 2006. (Archivio R. Cambursano).
Fig. 11 - Maneuver in the station, Photo Gwernol-Lic.CC.3.0: The "Ammonoosuc" steam locomotive hooks up a car towed on the forecourt of the lower station, 2006. (Courtesy R. Cambursano).

Fig. 12 - Convoglio a trazione diesel, Foto Fredlyfish4-Lic. CC.4.0. Un convoglio spinto da un locomotore diesel moderno in prossimità della stazione superiore. 2010. (Archivio R. CAMBURSANO).

Fig. 12 - Diesel drive conveyor, Photo Fredlyfish4-Lic. CC.4.0. A convoy driven by a modern diesel locomotive near the upper station. 2010. (Courtesy R. CAMBURSANO).

"replica" dall'aspetto antico e capaci ciascuno di portare fino 80 persone di cui 70 sedute.

L'orario di servizio, attivo da fine maggio a fine novembre, prevede sempre partenze ogni ora, con "plotoni" anche di tre convogli che si seguono a distanza ravvicinata. La debolezza della struttura in legno a graticcio che sostiene il binario spiega perché, invece di costruire sei locomotori moderni che possono spingere un solo vagone e necessitano di due agenti per convoglio (il guidatore sul locomotore a valle e il frenatore sul vagone a monte), non si sia optato (come invece è avvenuto per la ferrovia di Pikes Peak in Colorado, l'altro famoso impianto a cremagliera americano) per la realizzazione di due nuovi grandi convogli articolati, ognuno dei quali avrebbe potuto caricare l'equivalente di 3 vagoni: l'economia di costruzione della linea si è trasformata in dispendio di costi di gestione!

La linea del Monte Washington è l'unico esempio di cremagliera esistente al mondo con il sistema Marsh, del quale si è avuta in passato una sola altra applicazione, sempre in America, sulla linea di Green Mountain (inaugurata nel 1883 e chiusa nel 1892). Tutte le altre ferrovie a cremagliera costruite successivamente hanno adottato altri sistemi, via via più perfezionati, a cominciare dal Riggenbach e poi l'Abt, lo Strub e il Locher. Il fatto che dopo 150 anni la "Mount Washington Cog Railway" continui a funzionare con le stesse modalità, ne fa un vero e proprio Museo in movimento: auguriamoci che continui così ancora per molto tempo!

- *Note per il lettore*

Bibliografia Essenziale

– KENNEDY W.S., *"Wonders of the railways"*, Griggs & Co., Chicago 1884.

– HEFTI W., *"Zahnradbahnen der Welt, Birkäuser Verlag"*, Basilea 1971.

– MESSERSCHMIDT W., *"Zahnradbahnen gestern heute in aller Welt"*, Franckh'sche Verlag, Stoccarda 1972.

– www.thecog.com, sito ufficiale della Ferrovia del Monte Washington.

(*Archivio R. CAMBURSANO*, 23 maggio 2019).

USA: 150 years of climbing

On July 3rd 1869 the world's first rack-and-pinion mountain railway made its inaugural run reaching the summit of Mount Washington in America: since then this line has never stopped working (it is still managed today partly with vintage rolling stock !) and and it was later joined by numerous other plants "with artificial adherence" in every part of the planet. 150 years later, this article aims to commemorate that historic date.

Mount Washington (or Agiocochook in native American language) is located in the state of New Hampshire, about 200 km north of Boston. 1916 meters high, it is the highest peak of the White Mountains, belonging to the long dorsal chain of the Appalachian Mountains that runs parallel to the Atlantic coast, and is famous for its particularly inclement climatic conditions (Fig. 2). At its slopes, in the Grand Hotel Mount Washington in Bretton Woods, the famous Conference was held in 1944 which led to the creation of the International Monetary Fund.

In the mid-nineteenth century the mountains were certainly not the destination of mass tourism: the long and tiring ascents on foot were reserved for passionate and expert hikers, sometimes helped by pack animals. The idea of building a mountain railway for tourist use came first to an American entrepreneur, S. MARSH (1803-1884) (Fig. 3), who expressly designed a rack system in collaboration with the engineer and inventor Walter Aiken.

To tell the truth, a rudimentary rack had already been invented by

the British J. Blenkinsop and M. Murray and used between 1812 and 1838 in a mining railway for the transport of coal, while between 1847 and 1868 a section of rack on the Madison-Indianapolis railway with a system designed by A. Cathcart: in both cases, however, the rack was removed when more powerful steam locomotives entered into operation; moreover, the slopes to be overcome did not exceed 6%.

Marsh's dream was to create an exceptional undertaking, a "railway to the moon" as it was ironically defined by his detractors, despite which he succeeded in involving the local authorities in the project and finding the necessary financing: the works began in The summer of 1866 and three years later the line was completed.

The line connects Marshfield station at an altitude of 820 m (an ancient interchange with the "Boston & Maine Railroad" and seat of the car depot) with the summit of Mount Washington (Figgs 4 and 5), with an elevation gain of 1100 m. The track is 4536 m long, entirely equipped with a rack with gauge of 1411 mm; the minimum radius of the curves is 150 m. Originally, since the modern rack-and-pinion exchanges had not yet been invented, the change of track was carried out at the terminus / deposit by means of revolving platforms; along the line there were instead two sections of dead track that allowed the crossing of ascending and descending trains, each equipped with a rudimentary exchange with nine moving parts that had to be hand-operated one by one. Since 1941 there have been double exchanges of the modern type on the two intermediate sections for doubling the track, which allow the trains to cross without reversing maneuvers (Fig. 6).

A peculiar feature of this cog railway is that it is the only one in the world that rests almost entirely on a wooden structure formed by poles arranged in a trellis ("trestle") (Fig. 7): the via ferrata *is therefore not laid down directly to the ground, but to the frame that supports the sleepers, on which the rails and the rack rest with the interposition of three longitudinal wooden beams. The choice of this particular type of site made it possible to reduce construction costs to a minimum, given that the track was able to follow the natural slope of the land without the need for bridges, walls and tunnels and practically without earthworks or earthworks: this gives it a "western" appearance very different from that of European lines.*

The rack (Fig. 8), placed in axis with the track, consists of two parallel cast iron bars with an L-shaped section connected by horizontal round steel pegs inserted in holes at regular intervals. The appearance of the Marsh rack is that of a miniature ladder, so that the structure was immediately popularly nicknamed "Jacob's ladder", in memory of the biblical "Scala di Giacobbe" *that connected the earth to the sky. The Marsh system served as a model for the first European rack railways, built with the Riggenbach system (the second line in the world and the first in Europe was that of Mount Rigi in Switzerland in 1871), also resembling a small ladder and distinguishable from Marsh essentially by the section of the pegs, which is trapezoidal rather than cylindrical.*

But the most striking technical feature is the inclination of the track, with a slope that reaches the dizzying value of 37.7%: it was the steepest artificial grip railway in the world until 1889, when the record was taken from the line Swiss of Mount Pilatus (which has a maximum slope of 48% and is equipped with a Locher rack with a double horizontal cogwheel). However, it is still the world's second rack line in the world for slope and the first among those with vertical sprocket.

The story of the "Devil's shingle" (Fig. 9) is curious, a contraption used at the beginning of the twentieth century by the company's workers to descend individually along the track at high speed by exploiting the force of gravity. This consisted of a wooden board 90 cm long and 25 cm wide, on which the unfortunate man sat astride, shaped so as to slide longitudinally around the central rack profile and equipped with side handles which, if pulled, acted as a friction brake on the metal profile. A typical descent lasted 10 minutes, but the workers engaged in a real competition that brought the record to 2 minutes and 45 seconds! After yet another fatal accident, however, the Company prohibited the use of these infernal tools in 1907.

In normal operation, only one serious incident occurred in 1967, when a derailment on a badly positioned exchange caused the death of 8 passengers and the injury of others 72.

The circulating fleet, all of American production, is quite heterogeneous. The first locomotive (Fig. 10), which entered service already during the construction of the line and was used to transport the materials, was equipped with a vertical boiler that made it look like a bottle of hot sauce (hence the nickname "Peppersass") and had a single drive sprocket connected to two steam cylinders, mounted on the downstream axis in the middle of the two normal railway wheels; the wheels of the upstream axle were idle and served only to support the weight of the vehicle.

On the other locomotives subsequently entered in service, various innovations progressively appeared: the "atmospheric safety brake" (a device with compressed air of vital importance on such steep slopes, which made the use of steam braking typical of the steam machines superfluous), the double drive sprocket (which guaranteed a much more powerful traction with two double cylinders) and then the horizontal boiler. Each tractor, always characterized by a proper name, has always been able to push only one passenger car; for safety reasons, the locomotive is always located downstream of the convoy, so as to push it uphill and hold it downhill (this practice was then always maintained on the mountain railways up to the present day). Four steam locomotives are still operating today, all built in New Hampshire by Manchester Locomotive Works: the no. 2 "Ammonoosuc" (1875) (Fig. 11), the n. 3 "Agioco-

chook" (1883, from the Green Mountain line), the n. 6 "Kancamagus" (1874) and the n. 9 "Waumbeck" (1908). In 1972 and 1983 two steam replication machines were built from the company workshops, both of which were by then taken off the service. The operating speed for steam trains is 4.5 km/hour uphill and 7.4 km/hour downhill: ordinary travel times are consequently 65 minutes uphill and 40 minutes downhill.

Starting in 2008, steam traction has been progressively reduced in order to reduce costs and reduce travel times: currently there is intensive use of six diesel-electric locomotives manufactured by the company workshops and fueled with a bio-mixture. diesel, objectively very ugly aesthetically, which make the climb in 37 minutes (Fig. 12); steam traction is limited to one or two pairs of ordinary trips per day depending on the season. The fleet is completed by eight passenger wagons, all of the "replica" type with an antique appearance and each capable of carrying up to 80 people, of which 70 are seats.

The service schedule, active from the end of May to the end of November, always includes departures every hour, with "platoons" including three convoys that are followed at close range. The weakness of the timber-framed wooden structure that supports the track explains why, instead of building six modern locomotives that can push a single car and need two agents per train (the driver on the downstream locomotive and the brakeman on the upstream car), not opted (as was the case for the Pikes Peak railway in Colorado, the other famous American rack system) for the construction of two large new articulated trains, each of which could have loaded the equivalent of 3 wagons: the construction economics of the line has turned into a waste of operating costs!

The Mount Washington line is the only example of rack existing in the world with the Marsh system, of which in the past there was only one other application, always in America, on the Green Mountain line (inaugurated in 1883 and closed in 1892). All the other rack railways built successively have adopted other systems, gradually more and more refined, starting with the Riggenbach and then the Abt, the Strub and the Locher. The fact that after 150 years the "Mount Washington Cog Railway" continues to function in the same way, it makes it a real museum in motion: let's hope it continues like this for a long time to come!

- Notes for the reader

Essential Bibliography

– *Kennedy W.S.,* "Wonders of the railways", *Griggs & Co., Chicago 1884.*

– *Hefti W.,* "Zahnradbahnen der Welt, Birkäuser Verlag", *Basilea 1971.*

– *Messerschmidt W.,* "Zahnradbahnen gestern heute in aller Welt", *Franckh'sche Verlag, Stoccarda 1972.*

– *www.thecog.com, official site of* "Ferrovia del Monte Washington".

*(*Courtesy R. Cambursano*, 23 May 2019).*

IF Biblio

Maria Vittoria CORAZZA

INDICE PER ARGOMENTO

1 – CORPO STRADALE, GALLERIE, PONTI, OPERE CIVILI
2 – ARMAMENTO E SUOI COMPONENTI
3 – MANUTENZIONE E CONTROLLO DELLA VIA

4 – VETTURE
5 – CARRI
6 – VEICOLI SPECIALI
7 – COMPONENTI DEI ROTABILI

8 – LOCOMOTIVE ELETTRICHE
9 – ELETTROTRENI DI LINEA
10 – ELETTROTRENI SUBURBANI E METRO
11 – AZIONAMENTI ELETTRICI E MOTORI DI TRAZIONE
12 – CAPTAZIONE DELLA CORRENTE E PANTOGRAFI
13 – TRENI, AUTOMOTRICI E LOCOMOTIVE DIESEL
14 – TRASMISSIONI MECCANICHE E IDRAULICHE
15 – DINAMICA, STABILITÀ DI MARCIA, PRESTAZIONI, SPERIMENTAZIONE

16 – MANUTENZIONE, AFFIDABILITÀ E GESTIONE DEL MATERIALE ROTABILE
17 – OFFICINE E DEPOSITI, IMPIANTI SPECIALI DEL MATERIALE ROTABILE

18 – IMPIANTI DI SEGNALAMENTO E CONTROLLO DELLA CIRCOLAZIONE - COMPONENTI
19 – SICUREZZA DELL'ESERCIZIO FERROVIARIO
20 – CIRCOLAZIONE DEI TRENI

21 – IMPIANTI DI STAZIONE E NODALE E LORO ESERCIZIO
22 – FABBRICATI VIAGGIATORI
23 – IMPIANTI PER SERVIZIO MERCI E LORO ESERCIZIO

24 – IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA

25 – METROPOLITANE, SUBURBANE
26 – TRAM E TRAMVIE

27 – POLITICA ED ECONOMIA DEI TRASPORTI, TARIFFE
28 – FERROVIE ITALIANE ED ESTERE
29 – TRASPORTI NON CONVENZIONALI
30 – TRASPORTI MERCI
31 – TRASPORTO VIAGGIATORI
32 – TRASPORTO LOCALE
33 – PERSONALE

34 – FRENI E FRENATURA
35 – TELECOMUNICAZIONI
36 – PROTEZIONE DELL'AMBIENTE
37 – CONVEGNI E CONGRESSI
38 – CIFI
39 – INCIDENTI FERROVIARI
40 – STORIA DELLE FERROVIE
41 – VARIE

I lettori che desiderano fotocopie delle pubblicazioni citate in questa rubrica, e per le quali è autorizzata la riproduzione, possono farne richiesta al *CIFI* - Via Giolitti, 48 - 00185 ROMA. Prezzo forfettario delle riproduzioni: - € 6,00 fino a quattro facciate e € 0,50 per facciata in più, oltre le spese postali ed IVA. Spedizione in porto assegnato. Si eseguono ricerche bibliografiche su argomenti a richiesta, al prezzo di € 6,00 per un articolo segnalato e € 2,00 per ogni copia in più dello stesso articolo, oltre le spese postali ed IVA.

Tutte le riviste citate in questa rubrica sono consultabili presso la Biblioteca del *CIFI* - Via Giolitti, 48 - 00185 ROMA - Tel. 0647306454; *FS* (970) 66454 – Segreteria: Tel. 064882129.

NUOVA EDIZIONE DEL CIFI

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".

366 La nuova linea AV/AC Milano-Verona, tratta Treviglio-Brescia

(SCHINA - FAINELLI)

La Tecnica Professionale, giugno 2018, pagg. 4-21, figg. 55, tabb. 2.

Modalità di realizzazione della sovrastruttura ferroviaria della tratta Treviglio-Brescia.

---

367 Processo modulare di modellazione della dinamica degli armamenti e della loro validazione

(ZIANG – MARK – FREUDENSTEIN)

Modularer Workflow zur Modellierung der Dynamik von Oberbausystemen und dessen Validierung

ZEVrail, aprile, pagg. 133-137, figg. 7. Biblio 8 titoli.

Un'accurata analisi dei componenti dell'armamento e delle forze consente la costruzione modulare del modello.

---

368 La diffusione del BIM in SNCF

(LANDES et alii)

Le deployment du BIM à SNCF

Revue Générale des Chemins de Fer, marzo 2018, pagg. 6-27, figg. 29.

Sviluppo di un programma informatico in grado di associare un numero ad ogni componente della via.

---

369 Effetti a lungo termine del molleggio sotto traversa sul livello di qualità del binario

(NEUHOLD – LANDGRAF – NEIPER)

Effekte von Schwellenbesohlungen auf langfristige Qualitätsniveau des Gleises

ZRVrail, agosto 2018, pagg. 276-281, figg. 6. Biblio 13 titoli.

---

370 Ricerche sulle traverse in precompresso per deviatoi allo scopo di limitare la formazione di fessurazioni longitudinali

(HOFFMANN – FREUDENSTEIN – MOHR)

Untersuchung an Spannbetonweichenschwellen zur Eingrenzung der Längsrissproblematik

ZEV Rail, novembre-dicembre 2018, pagg. 456-461, figg. 10. Biblio 4 titoli.

---

371 Sviluppo di un programma di simulazione per il progetto di un armamento a basse emissioni di rumore

(Autori vari)

Entwicklung eines Simulationstools zur Auslegung Lärmarmer Gleis Konstruktionen

ZEV Rail, ottobre 2018, pagg. 400-409, figg. 15. Biblio 4 titoli.

Argomento interessante ma poco trattato in relazione ad argomenti ferroviari. Presentazione in forma discorsiva.

---

372 Attacchi elastici per posa su calcestruzzo con interposizione di solette in materiale sintetico

(WINDHOFF - BERLING)

Schienenbefestigungsysteme für feste Fahrbahn mit Grundplatten auf Polymerbasis

ZEV Rail, novembre-dicembre 2018, pagg. 467-471, figg. 8. Biblio 3 titoli.

---

373 Esigenze di efficacia acustica degli ammortizzatori di rotaia e delle schermature antirumore

(FRANK – STENGL – ASMUSSEN)

Anforderungen an die akustische Wirksamkeit von Schienenstegdampfern und Schienenstegabschirmungen

ZEV Rail, novembre-dicembre 2018, pagg. 482-488, figg. 7. Biblio 7 titoli.

---

374 Sollecitazione della via per effetto di un aumento dell'accelerazione laterale non compensata del materiale

(SCHMID)

Oberbaubelastung durch die Bestandsflotte bei erhoeter freier Seitenbeschleunigung

ETR, settembre 2018, pagg. 154-158, figg. 10.

ÖBB-Infrastruktur AG gestisce e gestisce una rete di quasi 5000 chilometri. Con il crescente dinamismo del mercato del trasporto ferroviario a causa della sempre maggiore concorrenza tra i diversi modi di trasporto e dello sforzo per rendere il traffico ferroviario ancora più attraente, le riduzioni del tempo di viaggio sono sempre più al centro della progettazione. Queste possono essere raggiunte aumentando la velocità massima in rettifilo o sfruttando al massimo l'accelerazione laterale libera. L'articolo muove da qui per proporre un'ampia documentazione sperimentale a supporto dell'impostazione teorica presentata.

---

375 Sviluppo di un metodo analitico alternativo per il calcolo dinamico del modello di carico mobile sulle travi da ponte

(REGER)

Entwicklung eines alternativen Berechnungsansatzes für das Moving Load Model zur dynamischen Berechnung von Risenbahnbrucken

ETR, marzo 2018, pagg. 72-73, figg. 5.

RECENSIONE

Oltre alle pubblicazioni edite dal CIFI, che rappresentano ovviamente i nostri volumi più cari, riteniamo opportuno, nei limiti del possibile, presentare anche i volumi di altre case editrici con le quali è stato instaurato un reciproco rapporto di informazione e collaborazione.

Roberto Cambursano

UN MONDO DI TRAM

Storia e tecnica

Una pubblicazione di tipo enciclopedico che narra la storia integrale del "sistema tram" nel mondo, dalle origini ai nostri giorni, inquadrata nelle vicende storiche delle varie epoche e ordinata secondo gli sviluppi tecnologici via via applicati in questo campo.

Una storia lunga quasi due secoli, che inizia con il primo tram a cavalli, in circolazione a New York nel 1832, prosegue con l'epopea dell'elettrificazione alla fine dell'Ottocento e raggiunge l'"epoca d'oro" nella prima metà del Novecento, con il massimo sviluppo mondiale delle reti tranviarie. Si affrontano poi gli anni della grande crisi del tram, in cui l'avvento della motorizzazione di massa è causa del progressivo e dissennato smantellamento delle reti, per giungere alla "rinascita" del tram in chiave moderna fino agli odierni veicoli ad azionamento elettronico, con un occhio ai futuri sviluppi.

Completa l'opera una serie di tabelle, ordinate per paese, con i dati aggiornati essenziali di tutte le oltre 450 reti tranviarie oggi in funzione nel mondo: per ogni città sono indicati l'anno di apertura, lo scartamento, il numero di linee gestite, l'estensione della rete e la consistenza del parco rotabile.

L'autore

Roberto Cambursano è nato a Torino il 26 agosto 1955. Si è laureato in Ingegneria dei Trasporti presso il Politecnico di Torino nel 1980.

Dal 1981 al 2016 ha lavorato per il Gruppo Torinese Trasporti (GTT), ricoprendo vari incarichi tra cui quelli di Direttore di Esercizio e di Direttore Commerciale. È stato componente di commissioni e gruppi di lavoro UITP, ASSTRA e UNIFER e relatore in importanti convegni e seminari nazionali e internazionali (UITP, ASSTRA, CIFI, Politecnico di Torino), con particolare riferimento alle tematiche legate all'esercizio tranviario. È delegato CIFI per la sezione di Torino dal 2013.

Da sempre appassionato di trasporti e in particolare di tram, insieme a GTT ha fondato l'Associazione Torinese Tram Storici (ATTS), di cui è presidente dal 2005.

Edizione Alzani, Pinerolo, ottobre 2017.
Formato 17 x 24 cm - 250 pagine - 160 immagini - 60 tabelle.
Prezzo di copertina euro 27,00.
È acquistabile presso il CIFI con modalità e sconti come riportato nelle pagine "Elenco di tutte le pubblicazioni CIFI" sempre presente in questa rivista.

79 Tornio in fossa per la riprofilatura dei rotabili ferroviari

(Aglietti - Mazzoni)

La Tecnica Professionale, ottobre 2017, pagg. 32-37, figg. 9.

80 La ferrovia digitale si concentra sul problema della capacità

(Waboso)

Digital railway focuses on capacity

Railway Gazette, maggio 2017, pagg.48-50, figg. 3.

Orientamenti della metropolitana di New York sul tema.

81 Architettura e progetti per la stazione e il deposito rotabili storici di Pistoia

(Gerlini – Mori – Cantamessa)

La Tecnica Professionale, luglio-agosto 2018, pagg. 52-63, figg. 34. Biblio 6 titoli.

Complesso architettonico-urbano costituito dalla Stazione e dal Deposito Locomotive (oggi Deposito Rotabili Storici) attraverso la lettura dei più significativi progetti nel tempo elaborati dall'origine dell'impianto sino ad oggi.

82 Il nuovo deposito ICE a Colonia-Nippes

(Schnadhorst – Bartsch - Geissler - Wiessner)

Neues ICE-Werk Koeln-Nippes

ZEVrail, settembre 2018, pagg. 366-373, figg. 15. Biblio 5 titoli.

Descrizione del nuovo deposito per treni ICE a Colonia a quattro binari, lungo 400m, destinato al ricovero e manutenzione della nuova serie 412. L'impianto è avanzato anche dal punto di vista ambientale dal momento che officina, deposito e ala amministrativa vengono riscaldati di inverno e raffrescati d'estate tramite energia geotermica. Gli impianti tecnologici, invece, sono alimentati da un impianto fotovoltaico in grado di fornire un adeguato carico.

83 Ex squadra rialzo di Milano Centrale

(Mandelli)

La Tecnica Professionale, novembre 2018, pagg. 22-29, figg. 17.

Interventi di riqualificazione per uno dei più importanti Hub della Fondazione FS.

84 L'impianto di manutenzione corrente AV Napoli

(Marciano - Cristofaro)

La Tecnica Professionale, marzo 2019, pagg. 20-27, figg. 9, tabb. 2..

85 L'OMC di Verona Porta Vescovio

(Alberti - Santopinto)

La Tecnica Professionale, aprile 2019, pagg. 14-26, figg. 25, tabb. 3.

86 L'impianto di manutenzione corrente Firenze Omannoro

(Orazi - Zurlo)

La Tecnica Professionale, maggio 2019, pagg. 20-29, figg. 9, tabb. 2.

87 La previsione delle avarie come elemento fondamentale costitutivo della manutenzione su condizione nel sistema manutentivo di un EMU.

(Linke – Jaroszewski – Hocke)

Ausfallprognose als Baustein der Condition-based Maitenance instandhaltungssytem eines EMU

ETR, novembre 2018, pagg. 56-60, figg. 6. Biblio 9 titoli.

Elenco di tutte le Pubblicazioni CIFI

1 – TESTI SPECIFICI DI CULTURA PROFESSIONALE

1.1 – Cultura Professionale - Trazione Ferroviaria

1.1.2 E. Principe – "Impianti di climatizzazione delle carrozze FS" ..... € 10,00

1.1.4 E. Principe – "Convertitori statici sulle carrozze FS" (ristampa) ..... € 15,00

1.1.6 E. Principe – "Impianti di riscaldamento ad aria soffiata" (Vol. 1° e 2°) ..... € 20,00

1.1.8 G. Piro-G. Vicuna – "Il materiale rotabile motore" ..... € 20,00

1.1.10 A. Matricardi - A. Tagliaferri – "Nozioni sul freno ferroviario" ..... € 15,00

1.1.11 V. Malara – "Apparecchiature di sicurezza per il personale di condotta" ..... € 30,00

1.1.12 G. Piro – "Cenni sui sistemi di trasporto terrestri a levitazione magnetica" ..... € 15,00

1.2 – Cultura Professionale - Armamento ferroviario

1.2.3 L. Corvino – "Riparazione delle rotaie ed apparecchi del binario mediante la saldatura elettrica ad arco" (Vol. 6°) ..... € 15,00

1.3 – Cultura Professionale - Impianti Elettrici Ferroviari

1.3.4. P.E. Debarbieri - F. Valdambrini - E. Antonelli - "A.C.E.I. telecomandati per linee a semplice binario" (Quaderno 12) ..... esaurito

1.3.5 V. Finzi – G. Cerullo - B. Costa - E. Antonelli - N. Formicola - "A.C.E.I. nuova serie" (Quaderno 13) ..... esaurito

1.3.10 V. Finzi – "Impianti di sicurezza: Apparecchiature" (Vol. 4° - parte I) ..... esaurito

1.3.16 A. Fumi – "La gestione degli Impianti Elettrici Ferroviari" ..... € 35,00

1.3.17 U. Zeppa – "Impianti di Sicurezza - Gestione guasti e lavori di manutenzione" ..... € 30,00

1.3.18 V. Valfrè – "Il segnalamento di manovra nella impiantistica FS" ..... € 30,00

2 – TESTI GENERALI DI FORMAZIONE ED AGGIORNAMENTO

2.1 G. Vicuna – "Organizzazione e tecnica ferroviaria" (in attesa di nuova edizione) .....

2.2 L. Mayer – "Impianti ferroviari – Tecnica ed Esercizio" (Nuova edizione a cura di P.L. Guida-E. Milizia) ..... € 50,00

2.3 P. De Palatis – "Regolamenti e sicurezza della circolazione ferroviaria" ..... € 25,00

2.5 G. Bono-C. Focacci-S. Lanni – "La Sovrastruttura Ferroviaria" (in attesa di nuova edizione) .....

2.6 G. Bonora-L. Focacci – "Funzionalità e Progettazione degli Impianti Ferroviari" ..... € 50,00

2.7. L. Franceschini - A. Garofalo - R. Marini - V. Rizzo – "Elementi generali dell'esercizio ferroviario" 2° Edizione ..... € 40,00

2.8 P.L. Guida-E. Milizia – "Dizionario Ferroviario – Movimento, Circolazione, Impianti di Segnalamento e Sicurezza" ..... € 35,00

2.9 P. De Palatis – "L'avvenire della sicurezza – Esperienze e prospettive" ..... € 20,00

2.10 Autori Vari – "Principi ed applicazioni pratiche di Energy Management" ..... € 25,00

2.12 R. Panagin – "Costruzione del veicolo ferroviario" ..... € 40,00

2.13 F. Senesi-E. Marzilli – "Sistema ETCS Sviluppo e messa in esercizio in Italia" ..... € 40,00

2.14 Autori Vari – "Storia e Tecnica Ferroviaria – 100 anni di Ferrovie dello Stato" ..... € 50,00

2.15 F. Senesi – E. Marzilli – "ETCS, Development and implementation in Italy (English ed.)" ..... € 60,00

2.16 E. Principe – "Il veicolo ferroviario - carrozze e carri" ... € 20,00

2.18 B. Cirillo – L.C. Comastri – P.L. Guida – A. Ventimiglia "L'Alta Velocità Ferroviaria" ..... € 40,00

2.19 E. Principe – "Il veicolo ferroviario - carri" ..... € 30,00

2.20 L. Luccini – "Infortuni: Un'esperienza per capire e prevenire" ..... € 7,00

2.21 Autori Vari – "Quali velocità quale città. AV e i nuovi scenari territoriali e ambientali in Europa e in Italia" ..... € 150,00

2.22 G. Acquaro – "I Sistemi di Gestione della Sicurezza Ferroviaria" ..... € 25,00

2.23 F. Ciuffini – "Orario Ferroviario - Integrazione e Connettività" ..... € 30,00

3 – TESTI DI CARATTERE STORICO

3.1. G. Pavone – "Riccardo Bianchi: una vita per le Ferrovie Italiane" ..... € 15,00

3.2. E. Principe – "Le carrozze italiane" ..... € 50,00

3.3. G. Palazzolo (in Cd-Rom) – "Cento Anni per la Sicilia" ..... € 6,00

3.5. Autori Vari – La Museografia Ferroviaria e il museo di Pietrarsa ..... € 12,00

3.6 Ristampa a cura del CIFI del Volume "La Stazione Centrale di Milano ed. 1931 ..... € 120,00

3.7 M. Gerlini – P. Mori – R. Paiella – "Architettura e progetti delle Stazioni Italiane dall'Ottocento all'Alta Velocità ..... esaurito

4 – ATTI CONVEGNI

4.4. ROMA – "Next Station", bilingue italo inglese (3-4 febbraio 2005) ..... € 40,00

4.8. ROMA – "Stazioni ferroviarie italiane - qualità, funzionalità, architettura" (4 luglio 2007) ..... esaurito

4.9. BARI – DVD "Stato dell'arte e nuove progettualità per la rete ferroviaria pugliese" (6 giugno 2008) ..... € 15,00

4.10. BARI – 2 DVD Convegno "Il sistema integrato dei trasporti nell'area del mediterraneo" (18 giugno 2010) ..... € 25,00

5 – ALTRO

5.1. Annuario Ferroviario 2017 (spese postali gratuite)..... € 20,00

6 – TESTI ALTRI EDITORI

6.1. V. Finzi (ed. Coedit) – "Impianti di sicurezza" parte II..... esaurito

6.2. V. Finzi (ed. Coedit) – "Trazione elettrica. Le linee primarie e sottostazioni" ..... esaurito

6.3. V. Finzi (ed. Coedit) – "Trazione elettrica. Linee di contatto" ..... esaurito

6.4. C. Zenato (ed. Etr) – "Segnali alti FS permanentemente luminosi"..... € 29,90

6.5. E. Principe (ed. Veneta) – "Treni italiani con carrozze a media distanza"..... € 28,00

6.6. E. Principe (ed. Veneta) – "Treni italiani con carrozze a due piani" ..... € 28,00

6.7. E. Principe (ed. La Serenissima) – "Treni italiani Eurostar City Italia" ..... € 35,00

6.8. E. Principe (ed. Veneta) – "Treni italiani ETR 500 Frecciarossa"..... € 30,00

6.9. V. Finzi (ed. Coedit) – "I miei 50 anni in ferrovia" ..... € 20,00

6.62. C. e G. Migliorini (ed. Pegaso) "In treno sui luoghi della grande guerra"..... € 14,00

6.63. PL. Guida (ed. Franco Angeli) "Il Project Management - la Norma UNI ISO 21500"..... € 45,00

6.64. G. Magenta (ed. Gaspari) "L'Italia in treno" ..... € 29,00

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

6.66 A. Carpignano "Meccanica dei trasporti ferroviari e Tecnica delle Locomotive" 3° Edizione ..... € 60,00

6.67 C. e G. Migliorini (ed. Pegaso) "In treno sui luoghi della Seconda Guerra Mondiale" ..... € 15,00

N.B.: I prezzi indicati sono comprensivi dell'I.V.A. Gli acquisti delle pubblicazioni, con pagamento anticipato, possono essere effettuati mediante versamento sul conto corrente postale 31569007 intestato al Collegio Ingegneri Ferroviari Italiani, Via Giolitti, 48 – 00185 Roma o tramite bonifico bancario: UNICREDIT – AGENZIA ROMA ORLANDO – VIA V. EMANUELE, 70 – 00185 ROMA – IBAN: IT29U0200805203000101180047. Nella causale del versamento si prega indicare: "Acquisto pubblicazioni". La ricevuta del versamento dovrà essere inviata unitamente al modulo sottoindicato. Per spedizioni l'importo del versamento dovrà essere aumentato del 10% per spese postali.

Sconto del 20% per i soci CIFI (individuali, collettivi e loro dipendenti)
Sconto del 15% per gli studenti universitari - Sconto alle librerie: 25%
Sconto del 10% per gli abbonati alle riviste *La Tecnica Professionale* e *Ingegneria Ferroviaria*

Modulo per la richiesta dei volumi

(da compilare e inviare per posta ordinaria o via e-mail o via fax unitamente alla ricevuta di versamento)
I volumi possono essere acquistati anche on line tramite il sito www.cifi.it

Richiedente: (Cognome e Nome) .....

Indirizzo: .....Telefono: .....

P. I.V.A./C.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, 48 - 00185 Roma - Tel. 06/4882129-06/4742986 - Fs 970/66825 - Fax 06/4742987 e-mail: info@cifi.it - biblioteca@cifi.it

FORNITORI DI PRODOTTI E SERVIZI

Costruttori di materiale rotabile ed impianti ferroviari – Società di progettazione – Produttori di ricambi e prodotti vari per le ferrovie – Imprese appaltatrici di lavori di ogni genere per ferrovie nazionali, regionali, metropolitane e di trasporto pubblico urbano.

- **A** Lavori ferroviari, edili e stradali – Impianti di riscaldamento e sanitari – Lavori vari
- **B** Studi e indagini geologiche-palificazioni
- **C** Attrezzature e materiali da costruzione
- **D** Meccanica, metallurgica, macchinari, materiali, impianti elettrici ed elettronici
- **E** Impianti di aspirazione e di depurazione aria
- **F** Prodotti chimici ed affini
- **G** Articoli di gomma, plastica e vari
- **H** Rilievi e progettazione opere pubbliche
- **I** Trattamenti e depurazione delle acque
- **L** Articoli e dispositivi per la sicurezza sul lavoro
- **M** Tessuti, vestiario, copertoni impermeabili e manufatti vari
- **N** Vetrofanie, targhette e decalcomanie
- **O** Formazione
- **P** Enti di certificazione
- **Q** Società di progettazione e consulting
- **R** Trasporto materiale ferroviario

A Lavori ferroviari, edili e stradali Impianti di riscaldamento e sanitari Lavori vari:

B Studi e indagini geologiche-palificazioni

C Attrezzature e materiali da costruzione:

MARGARITELLI FERROVIARIA S.p.A. – Via Adriatica, 109 – 06135 PONTE SAN GIOVANNI (PG) – Tel. 075/597211 – Fax 075.395348 – Sito internet: www.margaritelli.com – Progettazione e produzione di manufatti per armamento ferroviario, tramviario e per metropolitane in cemento armato, cemento armato precompresso, legno e legno impregnato – Trattamenti preservanti del legno.

D Meccanica, metallurgica, macchinari, materiali, impianti elettrici ed elettronici:

AMRA S.p.A. – CHAUVIN ARNOUX GROUP - Via Sant'Ambrogio, 23/25 – 20846 MACHERIO (MONZA BRIANZA) – Tel.: +39 039 2457545 – Fax: +39 039 481561 - E-mail: info@amra-chauvin-arnoux.it - Sito web: www.amra-chauvin-arnoux.it - Progettazione e produzione di relè elettromeccanici per settori *Energia, Ferrovia* impianti fissi, *Ferrovia* impianti rotabili, *Industria Pesante* - Relè omologati RFI secondo la specifica RFI DPRIM STF IFS TE 143 A, Relè elettrici a tutto o niente per Impianti di Energia e Trazione elettrica - Relè conformi alle normative applicabili per uso su materiale rotabile EN60077, EN50155, EN61373, EN45545-2 - Relè con contatti a guida forzata per uso su impianti di sicurezza conformi a EN61810-3 - Strumenti di misura portatili e da laboratorio CHAUVIN ARNOUX Group, per la manutenzione di impianti TE, IS, TLC, SSE, e per materiale rotabile.

ARTHUR FLURY ITALIA S.r.l. – Via Dante, 68-70 – 20081 ABBIATEGRASSO (MI) – Tel. 02/94966945 – Fax 02/94696531 – E-mail: info@afluryitalia.it – www.afluryitalia.it – Progettazione e costruzione di accessori pr linee di contatto (TE) ferroviarie, metropolitane, tramviarie e filoviarie. Isolatori di sezione per binari secondari e di scalo fino a 60 km/h, isolatori di sezione per comunicazioni di stazione fino a 90 km/h e binari di corsa fino a 200 km/h ed asta di montaggio per isolatori cat. 773/145 e 146. Morsetteria in CuNiSi, morse di ormeggio Inox, morsetti di giunzione per filo di contatto 100-150 mmq. Sistema di messa a terra e corto circuito completo di rilevatore di tensione per linee AV 25 kV. Filo sagomato Cu/ Cu-Ag/ Cu-Mg e fune portante per impianti RFI 3 kV cc e 25 kV ca.

BONOMI EUGENIO S.p.A. – Via Mercanti, 17 – 25018 MONTICHIARI (BS) – Tel. 030.9650304 – Fax 030.962349 – e-mail: info.eb@gruppo-bonomi.com – www.gruppo-bonomi.com – Progettazione linee ferroviarie e tramviarie – Produzione di componenti ed accessori per i settori trazione elettrica e segnalamento – Sospensioni per linee tra-

dizionali ed Alta Velocità - Dispositivi di pensionamento a contrappesi ed oleodinamici, morsetteria e connettori, attrezzatura ed utensili meccanici ed oleodinamici (prodotti per linee da 1,5 kV a 25 kV).

EBRebosio S.r.l. – Via Mercanti, 17 – 25018 MONTICHIARI (BS) – Tel. 030/9650304 – Fax 030/962349 – e-mail: info.eb@gruppo-bonomi.com – www.gruppo-bonomi.com – Progettazione linee ferroviarie e tramviarie – Produzione di componenti ed accessori per i settori trazione elettrica e segnalamento – Isolatori in silicone d'ormeggio, di sospensione, di sezione – Sospensioni per linee tradizionali ed Alta Velocità - Isolatori in resina epossidica per interno, scaricatori, sezionatori, interruttori (prodotti per linee da 1,5 kV a 500 kV).

CANAVERA & AUDI S.p.A. – Regione Malone, 6 – 10070 CORIO (TO) – Tel. 011/928628 – Fax 011/9282709 – E-mail: canavera@canavera.com – Sito internet: www.canavera.com – Stampaggio a caldo particolari in acciaio fino a 200 kg – Lavorazioni meccaniche – Costruzione componenti per carri, carrozze, tram e metropolitane.

CARLO GAVAZZI AUTOMATION S.p.A. – Via Como, 2 – 20020 LAINATE (MI) – Tel. 02/93176201 – Fax 02/93176200 – Apparecchiature di segnalamento e controllo – Interruttori a scatto per ACE serie FS68 in c.c. e c.a. – Relè unitari in c.c. serie FS58-86-89 – Relè schermo – Segnali a specchi dicroici SPDO – Gruppi ottici a commutazione statica ed altro analogo su richiesta.

CEMBRE S.p.A. – Via Serenissima, 9 – 25135 BRESCIA – Tel. 030/36921 – (r.a. + Sel. pass.) – Fax 030/3365766 – E-mail: info@cembre.com – Produzione e commercio di: capicorda e connettori elettrici – Utensili per la compressione dei capicorda e connettori, tranciacavi e tranciafuni 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.

COLAS RAIL ITALIA S.p.A. – Via Lampedusa, 13/F – 20141 MILANO – Tel. 02/89536.100 – Fax 02/89536536 – www.colasrail.com – Impianti fissi di trazione elettrica chiavi in mano per trasporti ferroviari, metropolitane e tramvie – Studi di fattibilità, progettazione e realizzazione di linee di contatto, ferroviarie ed urbane – Sottostazioni elettriche per alimentazione in c.c. e c.a. – Linee primarie; impianti di telecomando – Impianti luce e forza motrice.

COMEP S.r.l. – Via Provinciale Pianura, 10 – Zona Industriale S. Martino – 80078 POZZUOLI (NA) – Tel./Fax 081/5266684 – E-mail: info@comepsrl.net – Sito www.comepsrl.net – Costruzione ed assemblaggio della quadristica, montaggio, integrazione dei sistemi di controllo, collaudo, messa in servizio e test finali nel settore del trasporto ferroviario – Taglio cavi con relativi sistemi di marcatura – Manutenzione e revisione di impianti elettrici ferroviari.

DOT SYSTEM S.r.l. – Via Marco Biagi, 34 – 23871 LOMAGNA (LC) – Tel. +39 039.92259202 – Fax +39 039.92259290 – E-mail: info@dotsystem.it – www.dotsystem.it – Monitor grafici LCD di banco per locomotive e carrozze pilota – Terminali grafici LCD per logica di treno e gestione dati diagnostici – Schede di comunicazione per Bus MVB classe 1, 2, 3 e 4 – Gateway MVB-Ethernet, MVB-CAN, MVB-RS485, MVB-Wireless – Moduli di ingresso/uscita digitali ed analogici per Bus MVB, CAN, ecc. – Cartelli indicatori grafici e tecnologia LED per interni ed esterni.

ECM S.p.A. – Via IV Novembre, 29 – Loc. Cantagrillo – 51034 SERRAVALLE PISTOIESE (PT) – Tel. 0573/92981 – Fax 0573/526392-929880 – e-mail: commerciale@ecmre.com - www.ecmre.com – Progettazione, produzione, installazione di: Sistemi di alimentazione elettrica senza interruzioni - Segnali luminosi ferroviari innovativi - Registratori cronologici di eventi -Diagnostica ferroviaria per apparati ferroviari - Telecomandi e controlli – Impianti di sicurezza e segnalamento ferroviario – Sistemi completi, terra bordo, di controllo automatico della marcia del treno - Controllo centralizzato del traffico ferroviario CTC - Conta- Assi.

ESIM S.r.l. – Via Degli Ebanisti, 1 – 70123 BARI - Tel. 080.5328425 – Fax +39.080.5368733 – E-mail: info@esimgroup.com – www.esimgroup.com – ***Sede di Roma:*** **Via Sallustiana, 1/A** – Tel. 06.4819671 – Fax: 06.48977008 – Progettazione e messa in opera di impianti elettrici, di telecomunicazione, di segnalamento e di trazione elettrica – Realizzazione e installazione di sistemi di diagnostica ferroviaria.

E.T.A. S.p.A. – Via Monte Barbaghino, 6 – 22035 CANZO (CO) – Tel. +39 031.673611 – Fax +39 031.670525 – e-mail: infosede@eta.it – www.eta.it – *Carpenteria:* quadri elettrici non cablati – Armadi e contenitori elettrici per esterni – Armadi 19" – Quadri inox per gallerie – Cassette inox lungo linea – Saldatura al TIG certificata – Conformità alle specifiche RFI.

FAIVELEY TRANSPORT ITALIA S.p.A. – Via Volvera, 51

– 10045 PIOSSASCO (TO) – Tel. 011.9044.1 – Fax 011.9064394 – Sito internet: www.faiveley.com
Sistemi e prodotti a marchio SAB WABCO: Impianti di frenatura pneumatici, elettropneumatici, elettromeccanici ed elettroidraulici, freni a pattino tradizionali e a magneti permanenti, per veicoli ferroviari, metropolitani e tramviari – Sistemi di frenatura per treni ad alta velocità – Sistemi di antipattinaggio e antislittamento – Attuatori pneumatici, unità frenanti, regolatori di timoneria, gamma completa dei dischi del freno in ghisa e in acciaio – Compressori a pistoni, compressori rotativi a vite, essiccatori d'aria, unità di produzione e trattamento dell'aria compressa – Sistemi diagnostici di bordo di manutenzione – Apparecchiature elettroniche di comando e controllo del freno.
Sistemi e prodotti a marchio FAIVELEY: Convertitori statici di potenza e carica batterie – Impianti di riscaldamento e condizionamento – Porte e comandi porte – Sistemi di piattaforme – Porte di accesso treno – 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 – Sito internet: www.fase.it – Strumentazione da quadro (indicatori analogici e digitali – TA e TV – Shunts e divisori di tensione) – Convertitori statici di misura – Strumentazione di bordo per mezzi rotabili (Treni A.V. – Locomotive elettriche e diesel-idrauliche – Veicoli ferroviari – Metropolitane e tranvie) – Apparecchiature elettroniche di misura e diagnostica costruite su specifica del Cliente – Fanali di coda e indicatori luminosi a led.

GALLOTTI 1881 S.r.l. – Via Codrignano 57/a – 40026 IMOLA (BO) – Tel. 0542/690987 – Fax 0542/690987 – e-mail: gallotti@gallotti1881.com – www.gallotti1881.com – Costruzione con progettazione di strutture metalliche per il segnalamento ferroviario, strutture metalliche speciali, piantane ed attrezzature unifer, carpenterie metalliche e meccaniche.

KNORR-BREMSE Rail Systems Italia S.r.l. – Via San Quirico, 199/I – 50013 CAMPI BISENZIO (FI) – Tel. 055/3020.1 – Fax 055/3020333 – E-mail: kbrsitalia@knorr-bremse.it – Sito internet: www.knorr-bremse.it – Impianti di frenatura pneumatici, elettropneumatici ed elettroidraulici per veicoli ferroviari, metropolitani e tranviari – Sistemi di frenatura per treni ad alta velocità – Attuatori pneumatici, unità frenanti, regolatori di timoneria, dischi freno – Compressori a vite e a pistoni, essiccatori d'aria, unità di produzione e trattamento aria compressa – Impianti toilettes ecologici a recupero – Sistemi ed apparecchiature elettroniche di comando, controllo e diagnostica – Servizi di assistenza, riparazione e manutenzione di sistemi frenanti.

ISOIL INDUSTRIA S.p.A. – Via F.lli Gracchi, 27 – 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) – Tel. 02/660271 – Fax 02/6123202 – E-mail: vendite@isoil.it – Web: www.isoil.com - Strumentazione del materiale rotabile: Pick-up ad effetto Hall per misure di velocità anche multicanale - Generatori di velocità - Sensori Radar ad effetto doppler per velocità e distanza - Indicatori di velocità standard e applicazioni di sicurezza (SIL 2) - Juridical Recorder - MMI: Multifunctional Display per ERTMS - Videocamere - Passenger Information - Switch e Fotocellule di Sicurezza per porte - Livelli carburante - Pressostati e Termostati - Agente esclusivo di: DEUTA WERKE / JAQUET / GEORGIN / KAMERA & SYSTEM TECHNIK.

JAMPEL S.r.l. – Via Degli Stradelli Guelfi, 86/A - 40138 BOLOGNA – Tel. 051.452042 – Fax 051.455046 – E-mail: info@jampel.it – www.jampel.it – www.jampel-networkingindustriale.it – Commercializzazione e supporto tecnico-applicativo di apparati e sistemi per la connettività industriale (wired & wireless), l'I/O remoto, l'embedded computing e la videosorveglianza – Idoneità ad applicazioni "Trackside" & "Rolling Stock" – Master distributor di Moxa Europe e distributore esclusivo per il mercato ferroviario di Pilz.

LA CELSIA SAS – Via A. Di Dio, 109 – 28877 ORNAVASSO (VB) – Tel. 0323.837368 – Fax 0323.836182 – Dal 1974 progettazione, produzione e vendita di contatti elettrici sinterizzati ed affini, materiali sinterizzati da metallurgia delle polveri, connessioni flessibili e particolari vari, annessi per interruttori, commutatori, sezionatori per tutte le apparecchiature elettromeccaniche di potenza e trasmissione dell'energia.

LUCCHINI RS S.p.A. – Via G. Paglia, 45 – 24065 LOVERE (BG) – Tel. 035/963562 – Fax 035/963552 – e-mail: rollingstock@lucchini.it – sito web: www.lucchini.it – Materiale rotabile per trasporti ferroviari urbani, suburbani e metropolitani; ruote cerchiate; ruote elastiche; ruote monoblocco; assili; cerchioni; boccole; sale montate da carro, carrozza e locomotiva completa di componenti; cuori fusi al manganese per scambi ferroviari – Riparazione e ripristino di sale montate con sostituzione di ruote e cerchioni – Revisione e collaudo di altri componenti.

MARINI IMPIANTI INDUSTRIALI S.p.A. – Via A. Chiarucci, 1 – 04012 CISTERNA DI LATINA – Tel. 06/96871088 – Fax 06/96884109 – e-mail: info@mariniimpianti.it - Sito web: www.mariniimpianti.it – Registratori Cronologici di Eventi (RCE) – Monitoraggio della temperatura delle rotaie (UMTR) – Apparecchiature di diagnostica centralizzate degli impianti di Segnalamento di linea e di stazione (SDC) – Sistemi di supervisione – Strumenti di misura per sotto stazioni – Rilevatore differenziale per segnali luminosi alti a commutazione statica SDO – Generatore di alimentazione 83 Hz PSK – Progettazione ed installazione degli impianti.

MATISA S.p.A. – Via Ardeatina km. 21 – Loc. S. Palomba – 00040 POMEZIA (ROMA) – Tel. 06.918291 – Telefax 06.91984574 – e-mail: matisa@matisa.it – Vagliatrici, rincalzatrici, profilatrici, veicoli di servizio per infrastruttura e catenaria, drasine di misura della geometria del

binario, treni di costruzione nuovo binario, incavigliatrici, foratraverse, forarotaie, apparecchiatura di controllo, segarotaie, gruppi rincalzatrici a lame vibranti.

MECNO SERVICE S.r.l. – Via Terraglio, 212 – 30174 VENEZIA MESTRE – Tel. +39 0415745203 – Fax +39 0415020256 – E-mail: info@mecnoservice.com – Web: www.mecnoservice.com – Progettazione, costruzione ed esercizio di macchine molatrici per la molatura e riprofilatura di scambi e rotaie di linee ferroviarie, metropolitane e tranviarie – Progettazione, costruzione di deviatoi e incroci monorotaie tipo Translhor.

MERSEN ITALIA S.p.A. - Via dei Missaglia, 97/B2 - 20142 MILANO (ITALIA) – Tel. 02/826813.1 - E-mail: ep.italia@mersen.com – Web: www.mersen.com – Fusibili e portafusibili MERSEN (Ferraz Shawmut) in BT e MT, in c.a. e c.c. e per semi-conduttori – Sezionatori, commutatori e corto circuitatori di potenza – Dissipatori di calore vacuum brazed, heat pipes, aria per componenti IGBT e press-pack – Ritorni di corrente per Messa a terra di rotabili ferrotramviari – Prese di corrente per 3ª rotaia – Laminated Busbar – Resistenze industriali "Silohm" (lineari), "Carbohm" – Spazzole e portaspazzole per macchine elettriche rotanti – Striscianti per pantografi, sminatrici e rettifiche per collettori – Grafiti per applicazioni meccaniche (guarnizioni, cuscinetti, ecc.).

MONT-ELE S.r.l. – Via Cavera, 21 – 20034 GIUSSANO (MI) – Tel. 0362/850422 – Fax 0362/851555 – e-mail: mont-ele@mont-ele.it – www.mont-ele.it – Ingegneria di sottostazioni di conversione e di sottostazioni di alimentazione sistemi A.V. 25 kV – Produzione di quadri innovativi, alimentatori, raddrizzatori, sezionatori bipolari, quadri filtri, quadri misure – Produzione commutatori 3600 V 3000 A, sezionatori bipolari 3000 A, trasduttori di corrente, quadri di sezionamento 25 kV (52 kW) e sezionatori di alta tensione – Realizzazione di impianti, sottostazioni fisse e mobili lato alternata e continua.

ORA ELETTRICA S.r.l. a socio unico - Sede legale: Corso XXII Marzo, 4 - 20135 Milano - Sede operativa: Via Filanda, 12 – 20010 Cornaredo (MI) – Tel. +39 02.93563308 – Fax +39 02.93560033 – e-mail: info@ora-elettrica.com – www.ora-elettrica.com - Progettazione, produzione, commercializzazione, installazione e manutenzione di apparecchiature elettroniche specifiche per la gestione del tempo: centrali orarie controllate via DCF e GPS, NTP server, sistemi di supervisione, orologi analogici e digitali (per interni ed esterni), orologi da pensilina, orologi monumentali da facciata, RCE Registratori Cronologici di Eventi, sistemi integrati per il controllo degli accessi veicolari e pedonali, sistemi TVPL, TVCC, sistemi di rilevamento presenze certificati SAP.

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 – Web: 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 plano 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, rincalzatrici, profilatrici, stabilizzatrici dinamiche, vetture di rilevamento e sistemi per la diagnostica del binario e della linea di contatto, saldatrici mobili per rotaie, autocarrelli con gru e piattaforme, autocarrelli per tesatura frenata linee di contatto, carrelli portabobine, dispositivi per video-ispezione linee ferroviarie e binario, rappresentanza attrezzature Robel.

POSEICO S.p.A. – Via Pillea, 42-44 – 16153 GENOVA – Tel. 010/8599400 – Fax 010/8682006-010/8681180 – E-mail: semicond@poseico.com – www.poseico.com – Dispositivi a semiconduttori di potenza (Diodi, Tiristori, GTO's, IGBT Press-pack, ecc.) – Dissipatori ad acqua per il raffreddamento di dispositivi di potenza sia press-pack che moduli – Assiemati di potenza con raffreddamento in aria naturale, aria forzata ed acqua – Ponti raddrizzatori per applicazioni industriali e di trazione – Analisi di guasto e servizio di collaudo – Riparazioni di assiemati di potenza – Distribuzione e/o commercializzazione di componenti nel campo dell'elettronica di potenza.

POWER MISURE S.r.l. – Via Balossa, 25 – 20032 CORMANO (MI) – Tel. 02.25060990 - Fax 02.2506091 – E-mail: romano@powermisure.it – Sito internet: www.powermisure.it – Produzione e vendita di strumenti di verifica impianti elettrici e macchine elettriche in bassa-media e alta tensione – Misuratori di resistenza isolamento – Misuratori di terra – Misuratori passo e contatto – Misuratori di Tan Delta – Rigidimetri in c.c./c.a. fino a 300 kV – Alimentatori c.c./c.a. – Analizzatori di gas – Multimetri digitali e pinze amperometriche.

PROJECT AUTOMATION S.p.A. – Viale Elvezia, 42 – 20052 MONZA (MI) – Tel. 039/2806233 – Fax 039/2806434 – www.p-a.it – Sistemi ed apparecchiature di segnalamento, controllo e supervisione del traffico per metrotramvie e tramvie – Radiocomando scambi, casse di manovra carrabili, sistemi di controllo semaforico – Priorità mezzi pubblici – Sistemi di controllo e gestione traffico stradale.

QSD SISTEMI S.r.l. – Via Isonzo, 6/bis – 20060 PESSANO CON BORNAGO (MI) – Tel. 02.95741699 – 02.9504773 – Fax 02.95749915 – e-mail: gio.galimberti@qsdsistemi.it – www.qsdsistemi.it – Elettronica per ferroviario a norme EN50155 – Passenger Information System – Interfoni – Cruscotti – Terminali video Touch Screen – Sistemi

Radio Terra Treno – Realizzazione apparecchiature custom – Riprogetta-zione apparecchiature obsolete – Consulenza sviluppo Hw Sw.

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 – Sito internet: www.schaeffler.it – Cuscinetti volventi a marchio FAG e INA, standard e speciali, boccole ferroviarie, snodi sferici, attrezzature di montaggio e smontaggio, diagnostica.

SCHUNK ITALIA S.r.l. – Via Novara, 10/D – 20013 MAGENTA (MI) – Tel. 02/972190-1 – Fax 02/97291467 – Spazzole, portaspazzole, pantografi, striscianti, dispositivi di messa a terra.

S.I.D.O.N.I.O. S.p.A. – Via IV Novembre, 51 – 27023 CASSOLNOVO (PV) – Tel. 0381/92197 – Fax 0381/928414 – e-mail: sidonio@sidonio.it – Impianti di sicurezza e segnalamento ferroviario – Impianti di elettrificazione ed illuminazione (linee BT/MT) – Opere stradali e ferroviarie – Scavi, demolizioni e costruzioni murarie – Impianti di telecomunicazione.

SIRTEL S.r.l. – Via Taranto 87A/10 – 74015 MARTINA FRANCA (TA) – Tel. 080/4834959 – Fax 080 4304011 – E-mail: info@sirtel.biz – Sito web: www.sirtel.biz – Lanterne portatili ricaricabili ad uso ferrotranviario con luce principale alogena o LED e segnalazione (a 1/2 LED ad elevata luminosità) con possibilità di avere fino a 3 diversi colori sulla stessa lanterna.

SPII S.p.A. – Via Don Volpi, 37 angolo Via Montoli – 21047 SARONNO (VA) – Tel. 02/9622921 – Fax 02/9609611 – www.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 Pollaiolo, 14 – 50142 FIRENZE – Tel. 055.717457 **–** Fax 055.7130576 – Forniture ferro-tramviarie: 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 MILANO – Tel. 02/2578803 r.a. – Fax 02/27001038 – www.tecnelsystem.it – E-mail: tecnel@tecnelsystem.it – Pulsanti – Interruttori – Selettori – Segnalatori serie T04 per banchi comando – Segnalatori a Led serie S130 – Pulsanti apertura porte serie 56 e 58 – Pulsanti mancorrente richiesta fermata serie T84 – Sistemi di comando e protezione porte – Avvisatori ottici ed acustici – Sirene – Temporizzatori – Sensori presenza e apertura porte.

TEKFER S.r.l. – Via Gorizia, 43 – 10092 BEINASCO (TO) – Tel. 011.0712426 – Fax 011.0620580 – E-mail: segreteria@tekfer.com – Sito internet: www.tekfer.com – Sistemi per impianti di sicurezza e segnalamento – Apparecchiature per il blocco automatico – INFILL – Codificatori statici – Relè elettronici (TR, HR, DR, relè a disco e altri) – Prodotti per 83,3 Hz (generatori di potenza fino a 15 kVA, filtri e rifasatori) – Telecomandi in sicurezza – Diagnostica impianti – Progettazione e installazione impianti.

THERMIT ITALIANA S.r.l. – Via Sirtori, 11 – 20017 RHO (MI) – Tel. 02/93180932 – Fax 02/93501212 – Materiali ed attrezzature per la saldatura alluminotermica delle rotaie.

T&T S.r.l. – Via Vicinale S. Maria del Pianto - Complesso Polifunzionale Inail - Torre 1 – 80143 NAPOLI – Tel./Fax 081.19804850/3 - E-mail: info@ttsolutions.it – www.ttsolutions.it – T&T (Technology & Transportation) opera da anni in ambito ferroviario offrendo servizi di consulenza ingegneristica - Specializzata per attività di System & Test Engineering – Progettazione e Sviluppo di Sistemi Embedded Real-Time per applicazioni Safety-Critical, Analisi RAMS, Verifica & Validazione, Preparazione Safety Assessment, Supporto alla Progettazione e alla Configurazione di Impianti di Segnalamento Ferroviario, Commissioning & Maintenance.

VAIA CAR S.p.A. – Via Isorella, 24 – 25012 CALVISANO (BS) – Tel. 0309686261 - Fax 0309686700 - e-mail 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 tramviari e/o metropolitani - Treni completi di sistemi per la costruzione delle linee ferroviarie ad alta velocità - Treni di sostituzione delle rotaie con sistemi per il carico e lo scarico delle rotaie - Unità di rincalzatura del binario e di compattamento della massicciata.

VOESTALPINE VAE ITALIA S.r.l. – Via Alessandria, 91 – 00198 ROMA – Tel. 06/84241106 – Fax 06/96037869 – E-mail vaeitalia@voestalpine.com – www.voestalpine.com/vaeitalia – Scambi ferroviari A.V. e standard, scambi tranviari, sistemi elettronici per monitoraggio scambi, cuscinetti autolubrificanti, casse di manovra per scambi fer-

roviari e tranviari - Rappresentanza Voestalpine Schienen GmbH per tutti i tipi di rotaie (vignole, a gola, barre per aghi) nonchè servizi tecnici e logistici.

E Impianti di aspirazione e di depurazione aria:

F Prodotti chimici ed affini:

G Articoli di gomma, plastica e vari:

DERI S.r.l. – Via S. Paolo 54/58 – 10095 GRUGLIASCO (TO) - Tel. 011.7809801 – Fax 011.7809899 – e-mail: info@deri.it – www.deri.it – Distributore specializzato nella produzione custom di tubazioni in gomma per basse, medie ed altre pressioni – Distribuzione raccorderie varie, innesti rapidi, utensili elettrici e pneumatici, guaine protezione, cavi in poliammide e metalliche con relativa raccorderia a tenuta stagna, fascette nylon e metalliche, ampio magazzino.

FLUORTEN S.r.l. – Via Cercone, 34 – 24060 CASTELLI CALEPIO (BG) – Tel. 035/4425115 – Fax 035/848496 – e-mail: fluorten@fluorten.com – www.fluorten.com – Semilavorati e prodotti finiti in PTFE e RULON® per industria meccanica, chimica, elettrica ed elettronica – Progettazione, costruzione stampi e stampaggio tecnopolimeri – Esclusivista Du Pont per l'Italia di semilavorati e finiti in Du Pont™ VESPEL®. Produzione di piastre in PTFE Certificate dal Politecnico di Milano a norma EN 1337-2. Certificazione sistema di gestione qualità per il settore aerospaziale EN 9100:2009 Certificate n. 5695/0. Certificazione sistema di gestione qualità ISO 9001:2008 Certificate n. 21. Certificazione sistema di gestione ambientale ISO 14001:2004 Certificate n. 27.

KRAIBURG STRAIL GmbH & Co. KG – Goellstrasse, 8 – D-84529 TITTMONING (Germania) – Tel. +49(8683)701-151 - Fax +49(8683)701-45151 - Sito web: www.strail.com - STRAIL sistemi di attraversamenti a raso & STRAILastic sistemi di isolamento per rotaie - Goellstrasse, 8 - D 84529 TITTMONING - Tel. +39 392.9503894 - Fax +39 02.87151370 - E-mail: tommaso.sa vi@strail.it - www.strail.it - Sistemi modulari in gomma vulcanizzata per attraversamenti a raso STRAIL, innoSTRAIL, pedeSTRAIL, pontiSTRAIL - Moduli esterni per i carichi più pesanti - veloSTRAIL - Moduli interni che eliminano la gola - Per tutti i tipi di traffico, strade e armamento (anche per ponti, scambi, gallerie, curve, impianti industriali) - Dispositivi elastici per la riduzione del rumore, delle vibrazioni oltre che per l'isolamento elettrico del binario - STRAILastic_P, STRAILastic_S, STRAILastic_R, STRAILastic_K, STRAILastic_DUO, STRAILastic_USM ed infine STRAILastic_A costituiscono la gamma completa di questa nuova linea.

IVG COLBACHINI S.p.A. – Via Fossona, 132 – 35030 CERVARESE S. CROCE (PD) – Tel. 049/9997311 – Fax 049/9915088 – e-mail: market.italy@ivgspa.it - ivg.colbacchini@ivgspa.it - www.ivgspa.it – Capitale Sociale L. 10.575.000 – Tubi di gomma a basse e medie pressioni e flessibili con raccordi per ogni uso ed applicazione, studiati su specifiche richieste, in modo particolare per il settore rotabile (tubi per impianti frenanti tipo RAILWS e guaine gomma-tela a Dis. FS 304188).

PANTECNICA S.p.A. – Via Magenta, 77/14A – 20017 RHO (MI) – Tel. 02.93261020 – Fax 02.93261090 – e-mail: info@pantecnica.it - www.pantecnica.it – Sistemi antivibranti per materiale rotabile e per armamento ferrotranviario – Completa gamma di guarnizioni per tenuta fluidi – Certificata ISO 9001:2008 e AS/EN 9120:2010 – Fornitore Trenitalia.

PLASTIROMA S.r.l. – Via Palombarese km 19,100 – 00012 GUIDONIA MONTECELIO (RM) – Tel. 0774.367431-32 – Fax 0774.367433 – E-mail: info@plastiroma.it – Sito web: www.plastiroma.it – Morsetterie, contropiastre, cassette per C.D.B., materiale isolante per C.D.B., segnali bassi di manovra, segnali alti di chiamata, shunt, componenti in materiale plastico per relè FS, progettazione di articoli tecnici.

H Rilievi e progettazione opere pubbliche:

ABATE dott. ing. Giovanni – Via Piedicavallo, 14 – 10145 TORINO – Tel./ Fax 011.755161 – Cell. 335.6270915 – e-mail: abateing@libero.it – Armamento ferroviario – Progettazione e direzione lavori di linee ferroviarie, metropolitane e tranviarie – Armamento ferroviario e linee per trazione elettrica – Redazione di progetti costruttivi preliminari e definitivi comprensivo dei piani di sicurezza e di coordinamento sia in fase di progettazione che in fase di esecuzione per raccordi industriali – Rilievi e tracciamenti finalizzati alla progettazione di linee ed impianti ferroviari.

ARMAMENTO FERROVIARIO – Ing. Marino CINQUEPALMI – Tel. 3476766033 - E-mail: info@armamentoferroviario.com – www.armamentoferroviario.com – Rilievo dello stato dei luoghi con restituzione cartografica in coordinate rettilinee assolute e relative – Progettazione preliminare, definitiva, esecutiva, costruttiva dell'armamento in coordinate rettilinee assolute e relative – Redazione, valutazione computi metrici estimativi armamento – Redazione, valutazione fabbisogno materiali armamento – Redazione piani di manutenzione armamento – Redazione piani della qualità per lavori d'armamento – Correzione delle curve su

base relativa con il metodo Hallade – Analisi di adeguamento delle infrastrutture ferroviarie alle STI "Infrastruttura" – Analisi di velocizzazione delle linee ferroviarie – Studi di fattibilità per nuove linee ferroviarie e stazioni – Project Management nei progetti di infrastrutture ferroviarie.

ISiFer S.r.l. – Sede legale: Via Mazzini, 15 – 80053 CASTELLAMMARE DI STABIA (NA) – Sede operativa: Via Gorizia, 1 – CICCIANO (NA) – Tel. 081.5741055 - Fax 081.5746835 – E-mail: segreteria@isifer.com – info@isifer.com – www.isifer.com – Azienda di ingegneria specializzata nel settore ferroviario con particolare riferimento alle attività di Concezione, Progettazione, Realizzazione, Verifica, Validazione, Collaudo, Messa in Servizio, Diagnostica e Manutenzione.

I Trattamenti e depurazione delle acque:

L Articoli e dispositivi per la sicurezza sul lavoro:

SCHWEIZER ELECTRONIC S.r.l. (SEIT) – *Sede Centrale:* Via Santa Croce, 1 – 20122 MILANO – Tel. +39 0289426332 – Fax +39 0283242507 – E-mail: franco.pedrinazzi@schweizer-electronic.com – Sito: www.schweizer-electronic.com – ***Sede Legale:*** **Via Gustavo Modena, 24 – 20129 MILANO** – Sistemi di Sicurezza Protezione Cantieri (SAPC) e può fornire servizio chiavi in mano, di protezione cantieri con SAPC "Sistema Minimel 95", comprensivo di: Progettazione, istallazione, formazione del personale, disinstallazione, manutenzione ed a richiesta gestione del SAPC in cantiere con proprio personale – Sistemi di segnalamento fisso, Minimel, ISP, che integrano le parti mobili di SAPC Minimel 95 nel segnalamento esistente – Sistemi di comunicazione nell'ambito della sicurezza ad alto contenuto tecnologico.

M Tessuti, vestiario, copertoni impermeabili e manufatti vari:

N Vetrofanie, targhette e decalcomanie:

TACK SYSTEM S.r.l. – Via XXV Aprile, 50 D – 20040 CAMBIAGO (MI) – Tel. 02/9506901 – Fax 02/95069051 – e-mail: tack@tacksystem.it – www.tacksystem.it – Pellicole autoadesive colorate, fluorescenti, trasparenti, rifrangenti, antigraffiti e protettive – Etichette, pittogrammi e iscrizioni prespaziate per rotabili carri, carrozze, locomotori, ecc. – I succitati manufatti rispondono a Specifiche FS TRENITALIA.

O Formazione

P Enti di certificazione

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 (linee guida ANSF) – Organismo di ispezione di tipo A (norma EN 17020) per sottosistemi ferroviari e per la validazione di progetti civili – Laboratori accreditati per prove di componenti e sottosistemi ferroviari.

Q Società di progettazione e consulting:

INTERLANGUAGE S.r.l. – Strada Scaglia Est 134 – 41126 MODENA - Tel. 059/344720 - Fax 059/344300 - E-mail: info@interlanguage.it – Sito internet: www.interlanguage.it – Traduzioni tecniche, giuridiche, finanziarie e pubblicitarie – Impaginazione grafica, localizzazione software e siti web. Qualificati nel settore ferroviario.

R Trasporto materiale ferroviario:

FERRENTINO S.r.l. – Via Trieste, 25 – 17047 VADO LIGURE (SV) – Tel. 019.2160203 – Cell. +39.3402736228 – Fax 019.2042708 - E-mail: alessandroferrentino@gmail.com – www.ferrentinoconsulship.com – Consulenza e organizzazione trasporti, imbarchi, sbarchi per materiale ferroviario – Assistenza e consulenza per imballo, protezione e movimentazione pezzi eccezionali.

Prof. Ing. Stefano Ricci, *direttore responsabile*
Registrazione del Trib. di Roma 16 marzo 1951, n. 2035 del Reg. della Stampa
Stab. Tipolit. Ugo Quintily S.p.A. - Roma
Finito di stampare nel mese Luglio 2019

UNIMAT COMBI 08-275 E^3

Plasser Italiana

GRUPPO

Costruzioni
Linee
Ferroviarie

S.I.F.E.L.

SITEC INFRASTRUTTURE

dal 1945
il futuro viaggia su binari sicuri

CERTIFICAZIONE DI SISTEMA DI GESTIONE
DNV·GL
ISO 9001 ISO 14001
OHSAS 18001

Strukton Rail

Via della Cooperazione, 34 - 40129 (Bologna - Italy) - Tel. +39 051 323424 - Fax +39 051 324135 - clf.spa@clfspa.it - www.clfspa.com